

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. CALIDAD DE SUELO

El suelo es un recurso dinámico que sustenta la vida de las plantas. Regula la distribución del agua de lluvia, almacena nutrientes y otros elementos, actúa como un filtro que protege la calidad del agua y del aire. Está formado por partículas minerales de diferente tamaño (arenas, limos, arcillas).

La calidad del sitio es la capacidad de un tipo específico de suelo, para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o tratado, en consecuencia, será aquel que tenga la capacidad de producir bienes y servicios, para sostener la productividad de plantas y animales, sustentar la salud humana y su morada. (Quintero G. 1980).

El índice de sitio se considera como la capacidad de producir un bosque u otro tipo de vegetación, como producto de la interacción de los factores edáficos, bióticos y climáticos (Jadan, S 1972).

1.1.1. Medición de la Calidad del Suelo

La calidad del suelo abarca los componentes físicos como también químicos, para captar la naturaleza holística de la calidad, o salud, del suelo, deberán ser medidos todos los parámetros, pero no todos los parámetros tienen la misma relevancia para todos los suelos, o situaciones. Por ejemplo, la conductividad eléctrica determina la salinidad, puede no ser útil en el sector oriental de los EEUU, donde la salinidad no es problema. Un grupo mínimo de propiedades del suelo, o indicadores de cada uno de los dos componentes son seleccionados sobre la base de su aptitud lo cual nos indica la

capacidad del suelo para funcionar en usos y climas determinados. Los indicadores de calidad del suelo son seleccionados primeramente para evaluar la calidad agrícola, lo cual debería ser usado como un instrumento de análisis de detectar la tendencia o dirección general de la calidad del suelo: si los actuales sistemas de manejo están conservando, mejorando o degradando el suelo. El adecuado uso y la correcta interpretación de los resultados dependen de lo bien que sean interpretados los indicadores con relación a uso de las tierras y objetivos ecológicos, (Luters, 2000).

1.1.2. Indicadores de la calidad

Los indicadores de calidad del suelo según, Quintero G. (1980), pueden ser propiedades físicas de acuerdo a los indicadores del cuadro N°1, propiedades químicas como se observa en el cuadro N°2, los indicadores deben permitir: analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible; analizar los posibles impactos antes de una intervención y ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible. Para que las propiedades físicas, químicas del suelo sean consideradas indicadores de calidad deben cubrir las siguientes condiciones:

- Integrar propiedades físicas, químicas del suelo.
- Reflejar los atributos de sostenibilidad que se quieren medir.
- Ser sensitivas a variaciones de clima y manejo.

Cuadro N°1 INDICADORES FÍSICOS

| INDICADOR | RELACIÓN CON LAS FUNCIONES Y CONDICIONES DEL SUELO | VALORES O UNIDADES RELEVANTES, COMPARACIONES PARA EVALUACIÓN |
|---|---|---|
| Textura | Retención y transporte de agua y minerales; erosión del suelo | % (arena, limo y arcilla); pérdida de sitio o posición del paisaje |
| Profundidad del suelo superficial y raíces | Estimación del potencial productivo y de erosión | cm; m |
| Infiltración y densidad aparente | Potencial de lixiviación, productividad y erosión | min/2,5cm agua; g/cm ³ |

Fuente: Quintero G. (1980)

Cuadro N°2 INDICADORES QUÍMICOS

| INDICADOR | RELACIÓN CON LAS FUNCIONES Y CONDICIONES DEL SUELO | VALORES O UNIDADES RELEVANTES |
|--------------------------------------|---|--|
| Contenido en materia orgánica | Fertilidad de suelo, estabilidad y grado de erosión, potencial productivo | kg (C ó N)/ha |
| pH | Actividad química y biológica | Comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana |
| N, P, K extraíbles | Disponibilidad de nutrientes para las plantas, indicadores de productividad y calidad ambiental | kg/ha; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos |

Fuente: Quintero G. (1980)

1.1.3. Evaluación de la Calidad de Sitio

La evaluación de la calidad de sitio tiene por objeto determinar el potencial de un sitio para producir, se toma en cuenta los factores ambientales que lo determinan. Para la productividad, es la relación entre la cantidad de productos obtenidos por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema. (Rodríguez, 2004).

1.1.4. Componentes del suelo

El suelo está formado por cuatro componentes principales: una fracción mineral, una fracción orgánica, una fase líquida y una fase gaseosa. Asociado a estos cuatro constituyentes un amplio rango de organismos vivos. Las relaciones que se establecen entre estos cuatro componentes dan lugar a un amplio rango de propiedades físicas y químicas del suelo (Varela, 2007).

1.2. PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. (Dpto. Suelos y Aguas-2014). A continuación, tenemos las siguientes variables físicas:

1.2.1. Infiltración

La infiltración es el movimiento del agua de la superficie hacia el interior del suelo; es un proceso de gran importancia económica, porque es vista como un proceso de ganancia de agua en el ecosistema. Del agua infiltrada se proveen casi todas las plantas terrestres y muchos animales; alimenta al agua subterránea, manantiales y a la vez a la mayoría de las corrientes en el periodo de estiaje; reduce las inundaciones y la erosión del suelo. (Heras, 1970).

En el proceso de infiltración se pueden distinguir tres fases:

Primera fase: Intercambio. Se presenta en la parte superior del suelo, donde el agua puede retornar a la atmosfera por medio de la evaporación debido al movimiento capilar o por medio de la transpiración de las plantas.

Segunda fase: Transmisión. Ocurre cuando la acción de la gravedad supera a la de la capilaridad y obliga al agua a deslizarse verticalmente hasta encontrar una capa impermeable.

Tercera fase: Circulación. Se presenta cuando el agua se acumula en el subsuelo debido a la presencia de una capa impermeable y empieza a circular por la acción de la gravedad. (Custodio, 1983).

1.2.1.1 Capacidad de infiltración

La capacidad de infiltración según, Carpeana, 2005, es la velocidad que se produce cuando el suelo esta encharcado con una pequeña lámina de agua en la superficie.

Factores que intervienen en la capacidad de infiltración:

1. **Tipo de suelo:** entre mayor sea la porosidad el tamaño de partículas y el estado de fisuramiento de suelo, mayor será la capacidad de infiltración.

2. **Grado de humedad del suelo:** la infiltración varía en proporción inversa a la humedad del suelo, es decir, un suelo húmedo presenta menor capacidad de infiltración que un suelo seco.
3. **Presencia de sustancias coloidales:** casi todos los suelos contienen coloides. Las hidrataciones de los coloides aumentan su tamaño y reducen el espacio para la infiltración del agua.
4. **Acción de la precipitación sobre el suelo:** el agua de lluvia al chocar con el suelo facilita la compactación de su superficie disminuyendo la capacidad de infiltración; por otra parte, el agua transporta material fino que tiende a disminuir la porosidad de la superficie del suelo, humedece la superficie, saturando los horizontes más próximos a la misma, lo que aumenta la resistencia a la penetración del agua y actúa sobre las partículas de sustancias coloidales que, como se dijo, reducen la dimensión de los espacios intergranulares. La intensidad de esta acción varía con la granulometría de los suelos, y la presencia de vegetación la atenúa o elimina.
5. **Cubierta vegetal:** con una cubierta vegetal natural aumenta la capacidad de infiltración y en caso de terreno cultivado, depende del tratamiento que se le dé al suelo.
6. La cubierta vegetal densa favorece la infiltración y dificulta el escurrimiento superficial del agua. Una vez que la lluvia cesa, la humedad del suelo es retirada a través de las raíces, aumentando la capacidad de infiltración para próximas precipitaciones.
7. **Acción del hombre y de los animales:** el suelo virgen tiene una estructura favorable para la infiltración, alto contenido de materia orgánica mayor tamaño de los poros. Si el uso de la tierra tiene buen manejo y se aproxima a las

condiciones citadas, se favorecerá el proceso de la infiltración caso contrario, cuando la tierra está sometida a un uso intensivo por animales o sujeto al paso constante de vehículos, la superficie se compacta y se vuelve impermeable. (Springall, 1976).

Tabla N°1 Interpretación de resultados de Infiltración. Anexo N°2

| CLASE | VELOCIDAD INFILTRACIÓN (MM/HORA) | EVALUACIÓN | CLASES DE INFILTRACIÓN |
|--------------|---|--|-------------------------------|
| 1 | < 1 | Suelo adecuado para cultivo de arroz, por la susceptibilidad al encharcamiento superficial. Riesgo de erosión elevado | Muy lento |
| 2 | 1 – 5 | Lenta. Riesgo de erosión importante. Se pierde una parte considerable del agua de riego. Puede haber falta de aireación para las raíces en condiciones de exceso de humedad. | Lento |
| 3 | 5 – 20 | Moderadamente lenta. Óptima para riego de superficie. | Moderadamente lento |
| 4 | 20 – 60 | Moderada. Adecuada para riego de superficie | Moderado |
| 5 | 60 – 125 | Moderadamente rápida. Demasiado rápida para riego de superficie, provoca pérdidas de nutrientes por lavado. Baja eficiencia de riego | Moderadamente rápido |
| 6 | 125 – 250 | Rápida. Marginal para riego de superficie | Rápido |
| 7 | > 250 | Muy rápida. Excesiva para riego de superficie. Característica de los suelos muy arenosos. Se requiere riego localizado | Muy rápido |

En la mayoría de los estudios para realizar una evaluación, de suelo se suele expresar en términos de la velocidad de infiltración básica. La evaluación de los resultados de un ensayo de infiltración es siempre delicada y por los múltiples factores que intervienen en el proceso en el momento de realizar la medida. Pero de una manera general se puede utilizar los siguientes criterios según Landon (1984) según la tabla N°1.

1.2.2. Densidad Aparente

La densidad de volumen o densidad aparente se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso. (Pinot, 2000).

Una manera de expresar el peso de un suelo es la densidad aparente, la cual depende en gran medida de la estructura de suelo; por esta razón debe medirse en muestras no alteradas. Los suelos sueltos y porosos tienen bajas densidades aparentes, en tanto que los suelos compactados tienen una alta densidad aparente, por otra parte, las texturas finas como la de arcilla, tienden a tener valores bajos, en tanto que los suelos arenosos y con rocas tiene en general densidades aparentes altas. La presencia de materia orgánica afecta de manera considerable a la densidad, contribuyendo a rebajar los valores, debido a que la materia orgánica facilita la granulación de los suelos asíndolos más sueltos y porosos. Los suelos de texturas finas son más ricos en materia orgánica que los de texturas gruesas, lo que es una razón más para que los primeros tengan normalmente densidades aparentes más bajas (Donosco 1994).

Según, Lutens 2000, nos dice que para medir la densidad aparente es recomendable hacerlo al lado donde se practica la prueba de infiltración. Para obtener una medida más representativa de la densidad aparente del área, se pueden tomar muestras adicionales. Asimismo, se puede determinar una categoría para la Da de acuerdo al rango que presentan los valores tabla N°2.

Tabla N°2 Categorías para la Densidad Aparente. Anexo N°2

| CATEGORÍA | RANGO |
|-----------|-----------|
| Alto | > 1,5 |
| Medio | 1,2 – 1,5 |
| Bajo | <1,2 |

Fuente: Ministerio de Desarrollo Sostenible, 2005.

1.2.3. Porosidad

Se define como el volumen de suelo no ocupado por la materia sólida, que está lleno de aire y agua. Es evidente como un suelo está formado por partículas (arcilla, limo, arena), debe de haber entre ellas, cierto espacio ocupado por aire o agua; esto es lo que se conoce como porosidad o espacio poroso: de su valor depende grandemente la densidad del suelo.

Porosidad, distribución de poros y capacidad de retención hídrica.

Los cambios producidos por la temperatura en la estabilidad de los agregados ocasionan a su vez modificaciones en la porosidad, distribución de poros del horizonte superficial del suelo y en la capacidad de retención de agua del suelo.

la porosidad y distribución de tamaño de poros se ven afectadas muchas veces por altas temperaturas debido a los cambios en la distribución del tamaño de las partículas, cambios en la agregación y el taponamiento de los poros por la incorporación de algunos agregados que no son útiles al suelo, también se ven afectados por la actividad antrópica, excesivo sobre pastoreo que se dan en lagunas regiones, de tal forma estos suelos son afectados, lo cual disminuye en la capacidad de almacenamiento de agua en las capas superficiales del suelo. Todo esto provoca una reducción de la infiltración del agua en el suelo que conlleva un aumento de la escorrentía superficial, favorece el arrastre de partículas y nutrientes, (Farres, 1985).

La porosidad: se determina de acuerdo a la siguiente formula:

$$Po = \frac{DR - Da}{DR} * 100$$

Po = Porosidad %

Da = Densidad aparente

DR = Densidad real o de partícula

Tabla N°3 Tabla de Interpretación para la Porosidad. Anexo N°2

| % POROSIDAD | COMPORTAMIENTO |
|--------------------|--|
| >70 | Porosidad excesiva, suelo muy esponjoso |
| 55 - 70 | Porosidad excelente |
| 50- 55 | Porosidad satisfactoria para cada arable |
| <50 | Porosidad escasa para cada arable |
| 40 - 25 | Porosidad muy baja, problemas de asfixia radicular |

Fuente: Souchier, B, 1980.

Niveles de 50 a 55% de porosidad son normalmente en los buenos suelos agrícolas. Una porosidad inferior a esto valores conduce a limitaciones de oxigenación y retención de agua para las plantas. (Canedo, 2006). Según el porcentaje que presente la Po para un determinado comportamiento en la tabla N°3.

1.2.4. Textura

Se denomina textura a la proporción centesimal de los tres agregados principales del suelo (arena, limo, arcilla); cada constituyente aporta con sus propiedades, cualidades y defectos, que dependen de sus dimensiones, de su naturaleza, es decir que las cualidades de los unos compensan los defectos de los otros. (Canedo, 2006).

Se refiere a la proporción relativa de las diferentes fracciones individuales (arcilla, limo, arena), expresado en porcentaje tabla N°4 y según su terminología que pueda presentar cuadro N°3.

Tabla N°4 Interpretación según la textura de suelo. Anexo N°2

Manejo de suelos, indicadores de los suelos, Ing. Adolfo Avilés Javier

| TEXTURA | SIMB | ADHESIVIDAD | INFILTRACION | RETENCION DE HUMEDAD | AIREACION |
|-------------------------------|-------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|------------------|
| <i>ARENOSA</i> | A | No hay | Excelente | Muy baja | Excelente |
| <i>ARENOSA-FRANCA</i> | AF | Muy poca | Buena | Baja | Buena |
| <i>FRANCO-ARENOSA</i> | FA | Media | Buena | Regular | Buena |
| <i>FRANCA</i> | F | Ligera | Buena | Regular | Buena |
| <i>FRANCO-LIMOSA</i> | FL | Media | Buena | Buena | Buena |
| <i>LIMOSA</i> | L | Poca | Buena | Buena | Buena |
| <i>FRANCO-ARCILLO-ARENOSA</i> | FArA | Alta | Regular | Regular | Regular |
| <i>FRANCO-ARCILLOSA</i> | FAr | Alta | Regular | Regular | Regular |
| <i>FRANCO-ARCILLO-LIMOSA</i> | FArL | Alta | Pobre | Regular | Regular |
| <i>ARCILLO-ARENOSA</i> | ArA | Media | Pobre | Media | Pobre |
| <i>ARCILLO-LIMOSA</i> | ArL | Alta | Pobre | Alta | Muy pobre |
| <i>ARCILLOSA</i> | Ar | Muy alta | Pobre | Muy alta | Muy pobre |

Fuente: Iniaf, 2015.

Cuadro N°3

| TERMINOLOGIA | |
|-----------------------------|------------------------------|
| TIPO DE TEXTURA | CLASE DE TEXTURA |
| Gruesa | Arena |
| | Arena - Franca |
| Moderadamente gruesa | Franco - Arenoso |
| | Franco - Arcilloso - Arenoso |
| Media | Franco |
| | Franco - Limoso |
| | Franco - Arcilloso |
| Moderadamente fina | Franco - Arcilloso – Limoso |
| | Limo |
| Fina | Arcilla |
| | Arcillo - Arenosa |

Fuente: Canedo, 2006.

1.2.5. Conductividad Hidráulica

La conductividad hidráulica representa la mayor o menor facilidad con la que el medio deja pasar el agua a través de él por unidad de área transversal a la dirección del flujo. Es una propiedad de los medios porosos que depende de la permeabilidad intrínseca, de la porosidad del medio y del grado de saturación que este tenga. Para predecir a magnitud y dirección del flujo del agua en el suelo, es necesario conocer los valores de la conductividad hidráulica no saturada en relación a los diferentes estados de humedad edáfica. Esto es necesario, pues la mayor parte de los procesos que se relacionan con

el movimiento del agua en la zona de exploración radical, ocurren en condiciones de instauración, (Heras, 1970).

1.3. PROPIEDADES QUÍMICAS

Corresponden fundamentalmente a los contenidos de diferentes sustancias importantes, para las plantas o por dotar al suelo de diferentes características (Carbono orgánico, Carbono cálcico, Fe en diferentes estados). (Dpto. Suelos y Aguas-2014).

Es decir que son aquellas que nos permiten reconocer ciertas cualidades del suelo, cuando se provocan cambios químicos o reacciones que alteran la composición y acción de los mismos. Las principales son:

1.3.1. Materia Orgánica

La materia orgánica del suelo es un término de difícil definición y que engloba a los materiales orgánicos en todos los estados de descomposición. Hablando en sentido amplio, la materia orgánica del suelo puede ser agrupada en dos categorías. (Canedo, 2006).

La **primera** es un material relativamente estable, denominado humus, que es resistente a una rápida descomposición ulterior.

La **segunda** incluye aquellos materiales orgánicos que se hallan a una descomposición francamente rápida.

La materia orgánica es una porción activa e importante de un suelo, aunque la mayoría de los suelos cultivados contienen de 1 a 5% de materia orgánica, sobre todo, en los primeros 25cm del suelo, esa pequeña cantidad, puede modificar la característica física del suelo, afectar fuertemente sus propiedades químicas y biológicas, según la categoría que presenta la Mo tabla N°5. La materia orgánica está constantemente en bajo cambio

y debe ser remplazada continuamente para mantener la productividad del suelo (Canedo, 2006).

Tabla N°5 Categorías de la Materia Orgánica. Anexo N°2

| MATERIA ORGÁNICA % | |
|---------------------------|-----------|
| Muy bajo | < 0,5 |
| Bajo | 0,6 - 1,5 |
| Medio | 1,6 - 3,5 |
| Alto | 3,6 - 6,0 |
| Muy Alto | > 6,0 |

Fuente: (Fernández, 2006).

1.3.2. Nitrógeno

Está íntimamente vinculado a los microorganismos y materia orgánica del suelo, todos ellos, en una u otra forma, están ligados a las transformaciones que este elemento sufre en el suelo, aunque la oxidación y fijación esta reducida a un número pequeño de especies típicas del suelo. Según Canedo, 2006, la primera fase de las muchas transformaciones que experimenta el nitrógeno en el suelo, en el desdoblamiento de las proteínas para dar lugar a los aminoácidos.

La descomposición continúa hasta la liberación del nitrógeno en el medio, generalmente en forma de amoniaco. Estos procesos son llevados a cabo por bacterias, hongos y actinomicetos (Canedo, 2006). A si mismo se puede determinar de acuerdo a los niveles la presencia de N en el suelo tabla N°6.

Tabla N°6 Niveles de Nitrógeno. Anexo N°2

| NIVELES DE NITRÓGENO TOTAL EN EL SUELO % | |
|---|-------------|
| Muy bajo | < 0,05 |
| Bajo | 0,05 - 0,10 |
| Medio | 0,10 - 0,20 |
| Alto | 0,20 - 0,30 |
| Muy Alto | > 0,30 |

Fuente: Fernández, 2006.

1.3.3. Fósforo

El fósforo es el segundo elemento en importancia en el suelo. El núcleo de cada célula vegetal contiene fósforo, por lo que la división y crecimiento celular son dependientes del adecuado suministro. Por esta razón el fósforo se concentra en las células que se dividen. El fósforo es un elemento esencial y constituyente en procesos de transferencias de energía vitales para la vida y el crecimiento. Las plantas absorben fósforo como iones ortofosfato, $H_2PO_4^-$, y HPO_4^{2-} .

El contenido en el suelo como nutrientes es por lo general crítico, porque el suministro de fósforo en la mayoría de los suelos es bajo según su categoría que presente tabla N°7 y no está realmente disponible para las plantas, aunque, el fósforo total de un suelo arable promedio es aproximadamente de 220 a 1000 partes por millón, el contenido en la solución del suelo es de 0.1 a 1 ppm (Canedo, 2006).

Tabla N°7 Categorías del Fósforo. Anexo N°2

| FOSFORO PPM | |
|--------------------|--------------|
| Categoría | Valor |
| Bajo | < 5,5 |
| Medio | 5,5 - 11 |
| Alto | > 11 |

Fuente: Fernández, 2006

1.3.4. Potasio

El potasio es uno de los nutrientes extraídos del suelo en mayor cantidad por las plantas. Algunas especies extraen y acumulan en sus tejidos hasta el 8% de su peso seco. El potasio es uno de los elementos más abundantes en el suelo calculándose que representa hasta un 2.6% de la corteza terrestre. A pesar de esta abundancia en algunos casos puede ser deficiente para las plantas al no encontrarse en formas disponibles, especialmente en sistemas agrícolas muy extractivos o sobre suelos arenosos después del cultivo de especies exigentes en este elemento (Canedo, 2006).

1.3.4.1. Formas del potasio en el suelo

El potasio se encuentra en el suelo como integrante constitutivo de las partículas del suelo o no intercambian y en esta forma no puede ser utilizado por las plantas. Por defecto de la meteorización algo de este potasio, con el tiempo, puede solubilizarse y pasar a una forma adsorbida por los coloides del suelo, a esta se le llama potasio intercambiable y está disponible para las plantas. La velocidad de esta transformación es dependiente de las características de la roca formadora del suelo y en tanto en algunos suelos pueden ser lo suficiente para abastecer el requerimiento de los cultivos en otros puede estar tan limitada que requiera fertilización en forma continua para obtener cosechas de alto rendimiento. Los análisis muestran que la proporción del potasio intercambiable está relacionado con el tamaño de las partículas del suelo y que existe una tendencia a que suelos con mayor proporción de partículas pequeñas como los arcillosos contengan una mayor proporción de este elemento a la inversa de lo que ocurre con los suelos más arenosos. (Olson, 1994). Según la tabla N°8 se clasifican en diferentes categorías.

Tabla N°8 Valores del Potasio. Anexo N°2

| POTASIO MEQ/100GR | |
|--------------------------|--------------|
| Categoría | Valor |
| Muy bajo | < 0,2 |
| Bajo | 0,2 - 0,3 |
| Medio | 0,3 - 0,6 |
| Alto | > 0,6 |

Fuente: Fernández, 2006.

1.3.5. Potencial de Hidrógeno

El pH es considerado como uno de los indicadores más importantes del equilibrio químico de los suelos, el pH o inverso del logaritmo es la concentración de hidrogenoides, en el suelo, está estrechamente ligado a la saturación de bases.

La reacción del suelo (pH) es una indicación de la acidez o alcalinidad del suelo y es medida en unidades de pH. La escala va de 0 a 14 con pH 7 como el punto neutro. A pH 7, según la categoría en que se encuentra tabla N°9, la concentración de iones hidrogeno (H^+) es igual a la concentración de iones hidroxilo (OH^-). Un pH de 7 a 0 indica un suelo ácido, de 7 a 14 e suelo es alcalino (básico). La concentración H^+ , sustancia que se mide al determinar el pH, tiene un cambio amplio entre cada número completo de pH. Así, un suelo pH 5 tiene 100 veces más H^+ en solución que un suelo con pH de 7 (Canedo, 2006).

Tabla N°9 Interpretación del pH. Anexo N°2

| INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE pH | |
|---|--------------|
| Categoría | Valor |
| Fuertemente ácido | < 5,0 |
| Moderadamente ácido | 5,1 - 6,1 |
| Neutro | 6,6 - 7,3 |
| Medianamente alcalino | 7,4 - 8,5 |
| Fuertemente alcalino | >8,5 |

Fuente: NOM-021REC-NAT-2000

| RANGOS DE pH | |
|---------------------|---------------------------|
| Categoría | Clase |
| Buena | 5,5 - 7,5 |
| Media | 4,1 - 5,4 y 7,4 - 8,4 |
| Mala | Menos de 4,0 y más de 8,5 |

Fuente: Fernández, 2006.

1.3.6. Conductividad Eléctrica

La salinidad de un suelo o agua, se refiere a la cantidad de sales presentes en solución, y puede ser estimada indirectamente mediante la medición de la conductividad eléctrica (Ce). El valor de CE es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas. A mayor valor de CE, mayor es la salinidad presente, así mismo se observa en la tabla N°10 según el valor que presenta. Es importante considerar que todos los fertilizantes inorgánicos son sales y por lo mismo tienen un efecto directo sobre la CE.

La salinidad es un fenómeno indeseable ya que afecta el crecimiento de las plantas de varias maneras y por lo mismo, un aumento en la CE traerá como consecuencia una disminución de rendimiento. (Libro Azul, manual de fertirriego de SQM. 2002).

Tabla N°10 Tabla de la Conductividad Eléctrica. Anexo N°2

| CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA | |
|--------------------------------|--------------|
| Categoría del suelo | Valor |
| No salino | 0 - 2,0 |
| Poco salino | 2,1 - 4,0 |
| Moderadamente salino | 4,1- 8,0 |
| Muy salino | 8,1 - 16,0 |
| Extremadamente salino | > 16,0 |

Fuente: Fernández, 2006.

2.4. CARACTERÍSTICAS DEL *NOGAL ser*

Cuadro N°4

| FICHA TÉCNICA |
|---|
| Nombre de la Planta: Nogal <i>serr</i> |
| Nombres Alternativos: Nogal común. Nogal Europeo |
| Nombre Científico: Juglans Regia Cv. 'serr' |
| Origen: California, USA |
| Altura máxima: 27 mts. |
| Soporta a Heladas: -5 |
| Necesidad de Agua: Medio |
| Necesidad de Sol: Alta |
| Crecimiento: Lento |
| Tipo de Hoja: Caduco |

Fuente: www.jardinsanfrancisco.cl

El **árbol** es muy vigoroso. Cuando joven crece rápidamente. Es de brotación muy precoz, preliminar al 30 de septiembre, brotando cinco días después que Payne. Produce un 55 a 60% de yemas laterales fructíferas. la floración masculina, que es abundante, ocurre desde la última semana de septiembre hasta la última de octubre (aletà, 2002; Hendricks et al., 1998; Valenzuela et al., 2001).

Así mismo en el cuadro N°4 está la ficha técnica de la variedad *serr* y en el cuadro N°5 características del árbol y fruto.

Fruto: es una drupa carnosa, de 3 a 4cm de diámetro, de color marrón claro (imagen N°1). La semilla (nuez) es dura y rugosa. Contiene una semilla por fruto. (Arboles ornamentales nativos de Bolivia- Juan Carlos Montero).



Imagen N°1 Fruto del Nogal

1.4.1. Características de la variedad *serr*

Cuadro N°5

| CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL | CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO |
|---|--|
| Vigor: Alto | Cosecha: 1° de abril |
| Hábito de crecimiento: Semi abierto. | Calibre: Grande (7,8 gramos de pulpa). |
| Época de floración: 5 de Sept. | Color: 70 a 80% categoría light. |
| Polinizantes: No se recomiendan | Forma: Ovalada y lisa. |
| Producción: Muy Buena (4 a 6 Ton/ha) | Nuez: 56 a 59% de pulpa |
| Portainjerto: J. regia. | Vida post cosecha: Buena |
| Precocidad: Precoz. | Usos: Exportación sin cáscara. |

Fuente: www.chilenut.com

1.4.2. Características del sistema radicular

- Las raíces del nogal son profundas.
- Las raíces del nogal son altamente sensibles a la falta de oxígeno en el suelo. Excesos de humedad desplazan el oxígeno (riegos muy frecuentes y napas altas).

- Exceso de humedad favorecen el desarrollo de enfermedades de las raíces del nogal.

Fuente: (El Cultivo del Nogal-abcAgro.com)

1.4.3. Exigencias de la variedad serr.

1.4.3.1. Temperatura

Deben evitarse lugares cuyas temperaturas primaverales puedan descender a menos de 1,1 °C, ya que pueden ocasionar daños por heladas en las inflorescencias masculinas, brotes nuevos y pequeños frutos. Las heladas tempranas de otoño suelen provocar daños en los últimos brotes, impidiendo su brotación en la próxima primavera.

Si se dan temperaturas superiores a los 38 °C acompañadas de baja humedad es posible que se produzcan quemaduras por el sol en las nueces más expuestas. Si esto sucede al comienzo de la estación, las nueces resultarán vacías, pero si es más tarde las semillas pueden arrugarse, oscurecerse o adherirse al interior de la cáscara. (El Cultivo del Nogal-abcAgro.com).

1.4.3.2. Agua

Para que su cultivo sea posible necesita de precipitaciones mínimas de 700 mm, siendo de 1.000-1.200 para explotaciones intensivas.

Si la pluviometría es insuficiente o está irregularmente repartida, habrá que recurrir al riego para conseguir un desarrollo normal de los árboles y una buena producción nuez. (El Cultivo del Nogal-abcAgro.com)

1.4.3.3. Suelo

Es un árbol que se adapta bien a suelos muy diferentes, aunque prefiere suelos profundos, permeables, sueltos y de buena fertilidad. El drenaje vendrá determinado por subsuelos formados por caliza fisurada, cantos rodados, etc. Para una buena retención de agua se precisan suelos con un contenido en materia orgánica entre el 1,2

y 2 % y un 18 -25 % de arcilla. El nogal se desarrolla en suelos con pH neutro (6,5 - 7,5). Según las características de los suelos se emplearán diferentes tipos patrones, destacando *J. nigra* para suelos ácidos y *J. regia* para los más calizos.

La gran variedad de nogales injertados hace que el nogal sea una planta que se adapte muy bien en cualquier parte, pues según las condiciones de clima y tierra es adecuada una u otra variedad. (El Cultivo del Nogal-abcAgro.com)

1.4.4. Plagas y Enfermedades

1.4.4.1. Plagas

1.4.4.1.1. Carpocapsa o gusano de la nuez (*Cydia pomonella*)

La larva, una vez ha transcurrido el invierno debajo de las arrugas del tronco o bajo otra protección; forma la crisálida en primavera para pasar a mariposa en mayo-junio.

Durante la noche, las hembras ponen de 50-80 huevos sobre los pequeños frutos o sobre el peciolo, en un intervalo de tiempo de 2-3 semanas; a los 18 días de la puesta se avivan.

Las larvas penetran en el fruto (imagen N°2), atravesando su parte basal o a través de la línea de sutura, cuando la cubierta verde aún es tierna (imagen N°3). En 3-4 semanas la larva alcanza su madurez y deja al fruto para instalarse en el tronco. Una segunda generación aparece entre julio y agosto.



Imagen N°2 Presencia de Carpocapsa en el fruto



Imagen N°3 Larva penetrada en el fruto

Los frutos surcados por las galerías de las larvas pueden ser del 40-50%, por tanto, la cosecha se ve muy afectada. (El Cultivo del Nogal-abcAgro.com).

Prevención

- Depredación natural

Los pájaros como los carboneros, currucas, papamoscas, herrerillos o reyezuelos entre otros, son grandes consumidores de larvas de la carpocapsa. Por ello, se aconseja instalar nidos de pájaros en la sombra, a un metro o metro y medio de altura, directamente en los árboles. Es importante no sobrepasar los 10 nidos por hectárea, ya que la agresividad entre especies dificultaría la nidificación, lo recomendable es instalar entre 4 y 5 nidos/ha.

Introducir gallinas, patos entre los frutales también ha dado resultados positivos en el control de esta mariposa.

- Bandas-trampa de cartón rizado

Esta técnica, es eficaz para pequeñas fincas de frutales, permite determinar la población potencial de carpocapsa del próximo año y consiste en disponer, enrollar un cartón rizado (ondulación de al menos 4 mm. de diámetro) sobre el tronco del frutal (20 cm por encima del suelo). La densidad de bandas-trampa por hectárea es de 40. Debemos colocarlas antes de terminar la primera generación, retirarlas y destruirlas después de la cosecha. De esta forma, las larvas harán sus capullos en los alvéolos del cartón cuando descendan del árbol. Si olvidamos retirarlas, los pájaros darán buena cuenta de la mayoría de ellas, pero esto nos impedirá identificar la presión de la carpocapsa en nuestro vergel.

Es importante acompañar esta acción con la recogida de todos los frutos caídos y su retirada, compostaje o destrucción, antes de que las larvas los abandonen.

Control

- Para establecer el momento oportuno de los tratamientos se colocan trampas con feromonas.
- Para que el control químico tenga éxito, debe realizarse en el momento en que la larva sale del huevo para penetrar en el fruto: en tratamientos a mediados de junio y hasta que la cáscara de la nuez esté lignificada. Así mismo tenemos los siguientes químicos para el control de esta plaga (imagen N°4) y la aplicación del producto (imagen N°5).

Fuente: (Ing. Agr. Antonio G. Pratavia, M. Sc/Cultivo del Nogal, avances en Argentina).



Imagen N°4 Productos Químicos para el control de la plaga Carpocapsa



Imagen N°5 Aplicación del producto químico

1.4.4.2. Enfermedades

1.4.4.2.1 Bacteriosis o mal seco del nogal (*Xanthomonas juglandis*).

El nogal es una especie sensible a la bacteriosis y se manifiesta en condiciones de precipitaciones abundantes y temperaturas de suaves a elevadas (por encima de los 15°C). Afecta a hojas, yemas y frutos, pudiendo reducir la cosecha a la mitad. Los

momentos más propicios para su ataque son los comprendidos entre la floración y la fecundación, además del período de máxima actividad vegetativa (mayo-junio).

Los frutos afectados (imagen N°6), presentan unas manchas oscuras que pueden alcanzar algunos centímetros cuadrados de superficie y que tienen un centro agrietado. Sobre las hojas aparecen unas manchas negras que se sitúan en los brotes, dándole a la hoja forma de cuchara.



Imagen N°6 Frutos del Nogal afectados por la Bacteriosis

Los brotes atacados presentan unos chancros agrietados, en donde invernan las bacterias, pudiendo rodear y secar la rama. Estos chancros serán fuente de inóculo de futuras infecciones.

La enfermedad se propaga a través de la lluvia, mediante insectos vectores de la enfermedad y del polen infectado. La incubación de la enfermedad dura de 12 a 20 días según las condiciones ambientales. (El Cultivo del Nogal-abcAgro.com).

Prevención

- Eliminar frutos contaminados (con recolector, retirar frutos afectados de la planta y del suelo y quemar).
- Pulverización foliar con un producto cúprico.

Control

- Eliminar las yemas infectadas por medio de podas.
- Al inicio de la primavera se realizará un tratamiento a base de materias activas ricas en cobre y se repetirá después de la floración; pues el cobre resulta tóxico para las flores.

1.4.4.2.2. Tinta del nogal o mal negro (*Phytophthora cinnamomi*).

Provocada por el hongo *Phytophthora cinnamomi* se presenta en suelos ácidos. El hongo se instala en las raíces sanas provocando lesiones e incluso su destrucción.

Estas lesiones pueden alcanzar la zona del cuello (imagen N°7) y extenderse alrededor del tronco, ocasionando la muerte del árbol.



*Imagen N°7 Daño por
phytophthora o mal de la tinta*

Las partes atacadas se pudren apareciendo una tinta en la base del tronco. La debilidad en el vigor de los árboles, el secado de la punta de las ramas y la caída prematura de hojas, son síntomas indicadores de que el árbol está atacado por este hongo.

Los frutos pueden deteriorarse y, a menudo, quedan pequeños y deformados.

La temperatura ideal para el desarrollo del hongo es de 25-26°C.

Prevención

Hay que realizar un buen manejo del agua de riego. El agua debe circular lejos de la base del árbol para que no la toque. Para esto hay que levantar la tierra alrededor del tronco y hacer las acequias a la distancia que da sombra la copa, ya que ahí están las raíces que pueden absorber el agua.

Control

- Si se evidencia una amarillez en las hojas es preciso socavar las raíces inmediatamente: si éstas presentan manchas negras, se separan todos los tejidos enfermos desinfectando después la herida.
- Los árboles gravemente atacados, deberán arrancarse y en su lugar no es conveniente volver a plantar otro nogal.

1.4.4.2.3 Antracnosis del nogal (Gnomonia leptostyla).

La produce el hongo *Gnomonia leptostyla* y su desarrollo es favorecido por un tiempo húmedo y fresco. En las hojas (imagen N°9), produce manchas circulares de color oscuro, rodeadas de un halo amarillo. Las manchas van creciendo hasta invadir todo el limbo, provocando el secado y la caída de la hoja. En la corteza del árbol produce unas manchas de color intenso que solo afectan a la superficie. Así también se puede

observar canchros en el tallo (imagen N°8). El patógeno se conserva, durante el invierno, sobre las hojas caídas al suelo y se difunde, en primavera y verano, por medio de esporas conídicas. (El Cultivo del Nogal-abcAgro.com).



Imagen N°8 Cancros en el tallo



Imagen N°9 Presencia de Cancros en las hojas

Prevención

Es conveniente cortar las ramas o las partes del ejemplar infectado. Cuando se trata de otras especies herbáceas, puede resultar necesario, en caso de infecciones importantes, eliminar toda la cosecha. Un riego y una fertilización adecuados para incrementar las defensas de las plantas para hacerles más resistentes al contagio.

Control

- Eliminar las partes atacadas por medio de podas.
- Destruir las hojas y los frutos caídos al suelo.
- El control químico de esta enfermedad se realizará aplicando tratamientos en el momento de la apertura de las yemas e inmediatamente después de la cosecha y la poda. Se puede realizar con las siguientes materias activas:

| Materia activa | Dosis | Presentación del producto |
|-----------------------|--------------|----------------------------------|
| Mancozeb 45% | 0.35-0.55% | Suspensión concentrada |
| Zibeb 80% | 0.25% | Polvo mojable |
| Ziram 76% | 0.25-0.35% | Granulado dispersable en agua |

1.4.4.2.4 La Agalla de corona

Es causada por la bacteria (imagen N°9), *Agrobacterium tumefaciens*, que sobrevive en el tejido superficial e indefinidamente en el suelo. Es más perjudicial para los árboles que tienen entre 1 a 8 años de edad.



Imagen N°10 Agalla de corona en Nogal

Sintomatología

Esta bacteria causa agallas o tumores en la zona del cuello o corona del árbol lo que impide la buena circulación de la savia produciendo el debilitamiento y muerte de plantas jóvenes. Inicialmente los tumores son blanquecinos y blandos, luego se endurecen y se tornan de color pardo, con aspecto leñoso.

Medidas preventivas

- La incidencia de agalla de corona se puede reducir mediante plantación de árboles sanos.
- Antes de la plantación, los árboles deben conservar la humedad de las raíces.
- Evitar lesiones tanto en la plantación como durante la vida del árbol en el huerto.

Procedimiento de control

- Para el tratamiento de agallas de la corona, primero quitar el suelo de la corona y raíces para exponerlas completamente. El suelo se puede quitar usando un compresor de aire o con agua a presión.
- La ventaja de extirpar quirúrgicamente la agalla es acceder a todo el margen de la agalla.
- Se debe esterilizar las herramientas de corte con calor antes de avanzar al siguiente árbol.
- Dejar las zonas tratadas descubiertas de suelo durante un año y volver a tratar si las agallas comienzan a crecer.
- La zona de extirpación debe ser tratada con caldo bordelés luego de hacer la eliminación de la agalla.
- Desinfectar los instrumentos de poda con hipoclorito de sodio al 5%.

Fuente: *www.elmercurio.com*

1.5. RAÍZ

Órgano de las plantas superiores, casi siempre subterráneo, que desempeña varias funciones, entre ellas absorber y conducir agua y minerales disueltos, acumular nutrientes y sujetar la planta al suelo. La raíz se diferencia del tallo por su estructura, por el modo en que se forma y por la falta de apéndices, como yemas y hojas. La primera raíz de la planta, llamada radícula, se alarga cuando germina la semilla y forma la raíz primaria. Las raíces que se ramifican a partir de la primaria se llaman secundarias. En muchas plantas, la raíz primaria se llama pivotante, es mucho mayor que las secundarias y alcanza mayor profundidad en el suelo. (Gil 2009).

1.5.1. Sistema radicular

La raíz es toda la estructura subterránea de una planta que consta de raíces, de uno o más años de edad, y raicillas, del año; la parte inicial de la raíz cerca de la superficie del suelo es la corona (Gil, 2009).

Según, Gil 2009, las raíces pueden clasificarse por:

- **“Orientación de crecimiento”**. Una raíz pivotante o perforante forma el eje central vertical y crece en profundidad, mientras que las laterales, de más lento crecimiento, son más superficiales, desde verticales a horizontales.
- **“Estructura”**. Existen raíces largas, que forman la mayor parte del sistema permanente y que tienen crecimiento radial cambial, y cortas, que son de efímera existencia (máx. dos años) y no tienen crecimiento cambial. Las raíces largas, a su vez, se dividen en exploradoras y madres.
- **“Constitución”**. Las raíces largas son, generalmente, leñosas, mientras que las cortas no lo son. Al comienzo las raíces son tiernas y blanquecinas, pero luego se tornan suberizadas, de color pardo.

- **“Ubicación en el árbol”**. Las raíces son, en su inmensa mayoría, subterráneas, que es el hábito natural de las especies frutales de clima tropical y templado, pero ocasionalmente, se producen raíces aéreas, que nacen del tronco o de las ramas, en respuesta a alguna condición especial (herida, Bacteria, sombra, siempre que exista humedad).
- **“Especiales”**. Normalmente se incluyen aquí aquellas raíces que forman una asociación simbiótica con algún microorganismo, completándose en sus funciones.

1.5.2. Selección del mejor método para el estudio de raíces

La elección del mejor método de estudio de las raíces depende de la finalidad de la investigación. Cada método tiene deficiencias. Aunque casi todos los investigadores que han realizado estudios de raíces han alterado los métodos existentes y han ido creando mejores técnicas, la mayoría de los métodos de estudio siguen siendo tediosos y consumen mucho tiempo (Böhm, 1979). Para la selección del mejor método de estudio en un caso individual, es necesario no solo estar familiarizado con los métodos existentes, también es importante saber cuánto tiempo y mano de obra será necesaria para obtener los datos de raíces. Lamentablemente, las indicaciones de horas y el trabajo necesario se encuentran muy raramente en la literatura, generalmente solo se pueden encontrar recomendaciones generales (Böhm, 1979).

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

2.1. ERQUIS CEIBAL

El área de trabajo de estudio cuenta con una superficie de 1,07ha, se encuentra en la comunidad de Erquis Ceibal, perteneciente a la provincia Méndez del departamento de Tarija, el cual limita con Erquis Norte, Erquis Sud, dicho trabajo fue realizado en la finca el Chilenito, propietario Don Osvaldo Tavera.

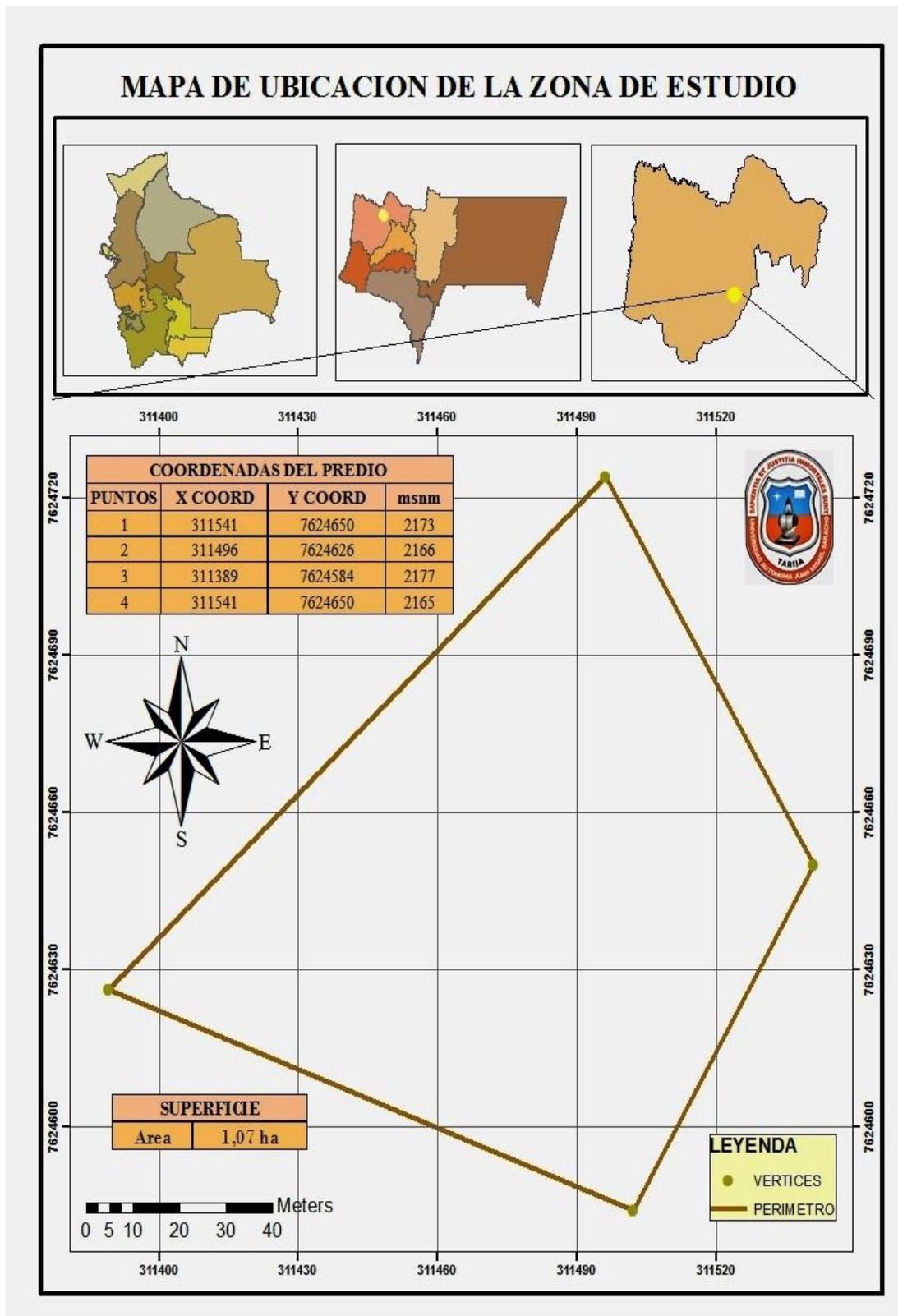
Imagen N°10 Zona de Estudio



Tabla N°11 Coordenadas de la zona de estudio

| COORDENADAS DEL PREDIO | | | |
|------------------------|---------|---------|------|
| PUNTOS | X COORD | Y COORD | msnm |
| 1 | 311541 | 7624650 | 2173 |
| 2 | 311528 | 7624710 | 2168 |
| 3 | 311389 | 7624626 | 2177 |
| 4 | 311502 | 7624584 | 2165 |

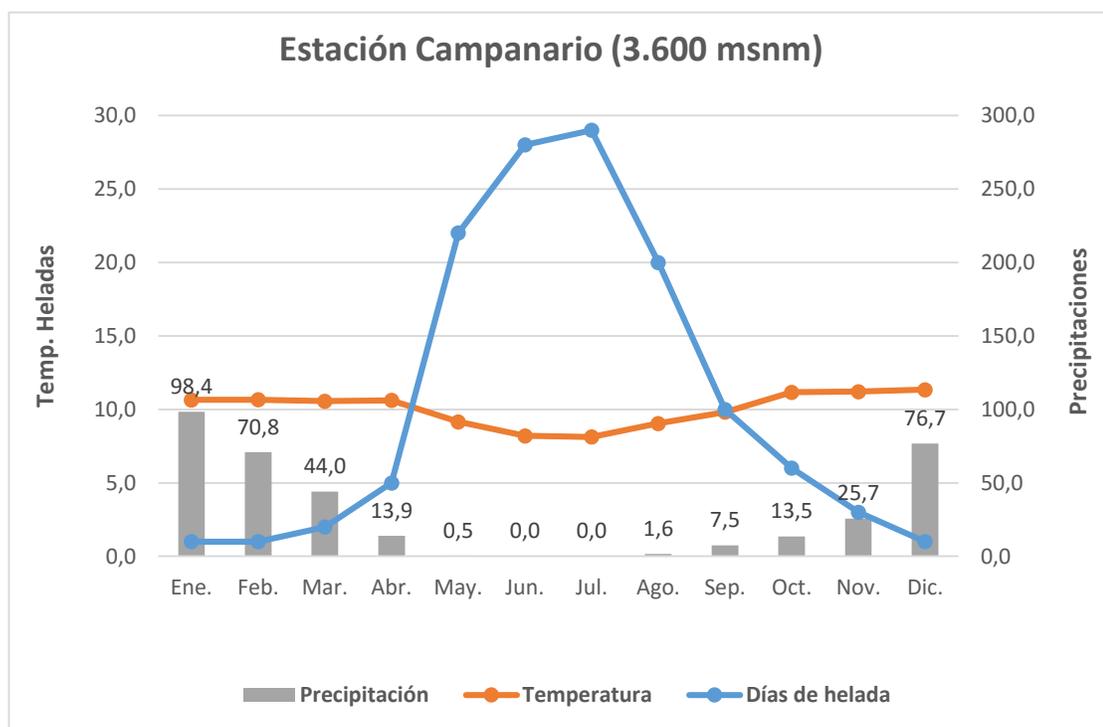
Mapa N° 1 *Ubicación de la zona de estudio*



2.2. CLIMA

Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMIH, 2014), el clima es Semiárido, Fresco. La temperatura Media Anual es de 26.7 °C., la Máxima Media Anual de 28.8 °C, y la Mínima Media de 10.85 °C. La Máxima Extrema en el período de Referencia 2011-2014, ha sido de 38.82 °C, y la Mínima Extrema de -9.02 °C.

Climogramas (ZONISIG)



De acuerdo al gráfico se observa que en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto son los meses de menor precipitación, mientras que los meses de Enero, Febrero y Diciembre son los meses que registran mayores precipitaciones y el mayor aumento de temperaturas de todo el año, constituyendo en el periodo húmedo. (Zonificación Tarija).

2.3. RELIEVE

Presenta un relieve ligeramente ondulado, el cual está conformado por terrenos casi planos de 2% a 3% de pendiente, es de paisaje pequeño, de topografía inclinada el cual está formado al pie de la montaña.

2.4. SUELOS

Los suelos, con relieve plano o casi plano. Son suelos perfectamente drenados, no presentan problemas de erosión significativa. Tienen un nivel de fertilidad medio, donde el contenido de materia orgánica es alto. El pH es neutro a ligeramente alcalino y no presenta problemas de salinidad. (Diagnostico Municipal Consolidado, San Lorenzo).

El suelo es profundo, ligeramente pedregoso, pardo oscuro a pardo rojizo, de textura media a moderadamente pesada y bien drenados. Los suelos son aptos para poder incluir un tipo de cultivo ya sea frutales, hortalizas, etc., pero tomando en cuenta la susceptibilidad a la erosión hídrica que se puede presentar.

2.5. VEGETACIÓN

Cuadro N°6 ESTRATO ARBÓREO

| NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN | FAMILIA |
|------------------------------|------------------|---------------|
| <i>Salix babylonica</i> | Sauce llorón | Salicaceae |
| <i>Salix humboldtiana</i> | Sauce criollo | Salicaceae |
| <i>Juglans regia</i> | Nogal | Jungladaceae |
| <i>Acacia visco</i> | Jarca | Leguminosa |
| <i>Prosopis alba</i> | Algarrobo blanco | Leguminosa |
| <i>Geoffroea decorticans</i> | Chañar | Leguminosa |
| <i>Melia azederach</i> | Paraíso | Meliaceae |
| <i>Schinus molle</i> | Molle | Anacardiaceae |
| <i>Tecoma stand</i> | Guaranguay | Bignoiaceae |
| <i>Tipuana tipu</i> | Tipa blanca | Leguminosa |
| <i>Eucalyptus</i> | Eucalipto | Myrtaceae |

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N°7 ESTRATO ARBUSTIVO

| NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN | FAMILIA |
|----------------------|--------------|------------|
| <i>Accacia aramo</i> | Tusca | Leguminosa |
| <i>Accacia caven</i> | Churqui | Leguminosa |

Fuente: *Elaboración propia*

Cuadro N°8 FRUTALES

| NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN | FAMILIA |
|-------------------------|--------------|---------|
| <i>Prunus domestica</i> | Ciruelo | Rosácea |
| <i>Prunus persica</i> | Durazno | Rosácea |

Fuente: *Elaboración propia*

2.6. FACTORES SOCIOECONÓMICOS

La actividad principal es la agricultura, la ganadería y construcción. Un 94% cuentan con tierras propias, 1% alquila, el 4% son tierras cedidas por servicio y un 1% prestadas por algún familiar. (Plan de desarrollo municipal, San Lorenzo).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

Materiales de campo:

- Herramientas (picos, palas y martillo)
- Bolsas de polietileno
- Cilindros metálicos
- Galones de agua para pruebas de infiltración
- Cronometro
- Tabla Munsell
- Planillas
- Vernier
- GPS
- Flexómetro
- Cuchillos
- Cartulina

Gabinete:

- Computadora
- Resmas de papel
- Calculadora
- Engrampadora

3.2. MÉTODOS

Tenemos tres fases:

1ra Gabinete

Se realizó un mapa base, con la ubicación de la zona de estudio, en la comunidad de Erquis Ceibal ya que según los antecedentes que se tenía, en dicha zona, existe una plantación de injertos de la variedad *serr.* con la cual se ejecutó el estudio. A la vez se hizo una recopilación de información secundaria a través de informes o trabajos referidos al tema.

2da Campo

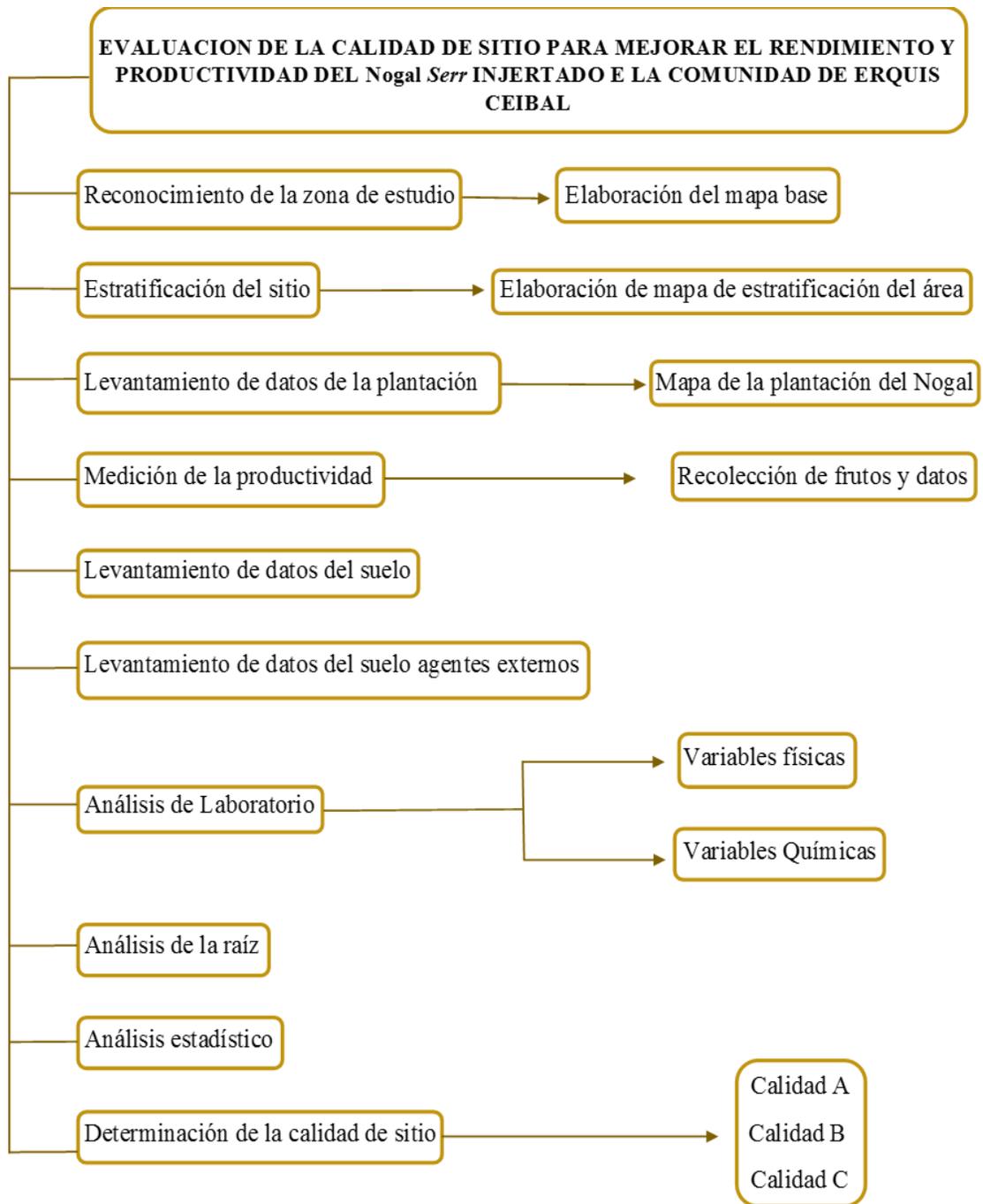
Después de tener la ubicación exacta del predio, el **primer día de campo** se distribuyó los cinco sitios para llevar acabo los estudios, se realizó, el levantamiento de la plantacion y la recolección de frutos de los arboles seleccionados. El **segundo día de campo** se elaboró la toma de datos de la velocidad de infiltración con el método del doble anillo, en cada sitio seleccionado, lo cual se ejecutó en dos días. El **tercer día de campo** se cava y describe las 5 calicatas realizadas en cada sitio, en la parte donde se realizó también el estudio de la infiltración, lo cual se ejecutó en tres días, para la toma de datos del perfil y recolección de las muestras para ser llevados al laboratorio de suelo. El **cuarto día de campo** se procedió a realizar el estudio de la profundidad de la raíz, se elaboró solo en tres sitios, esto se debe a que cualquier daño externo que se realice a la hora de escavar cerca de la raíz del árbol puede causar daños y la perdida de la planta, dicho estudio se realizó en dos días.

3ra Gabinete Final

Después de tener todos los datos se procedió a realizar las gráficas de acuerdo a los resultados del análisis de laboratorio, por las muestras del suelo recogidas en el campo, se realizó el mapa de estratificación, mapa de árboles en el predio y el mapa de la clasificación de los sitios. Se ejecutó el análisis de la raíz, la productividad de la nuez

de dicha área, el análisis estadístico, por último, se obtuvo la calidad de sitio, tomando en cuenta todos los datos recolectados de campo y gabinete.

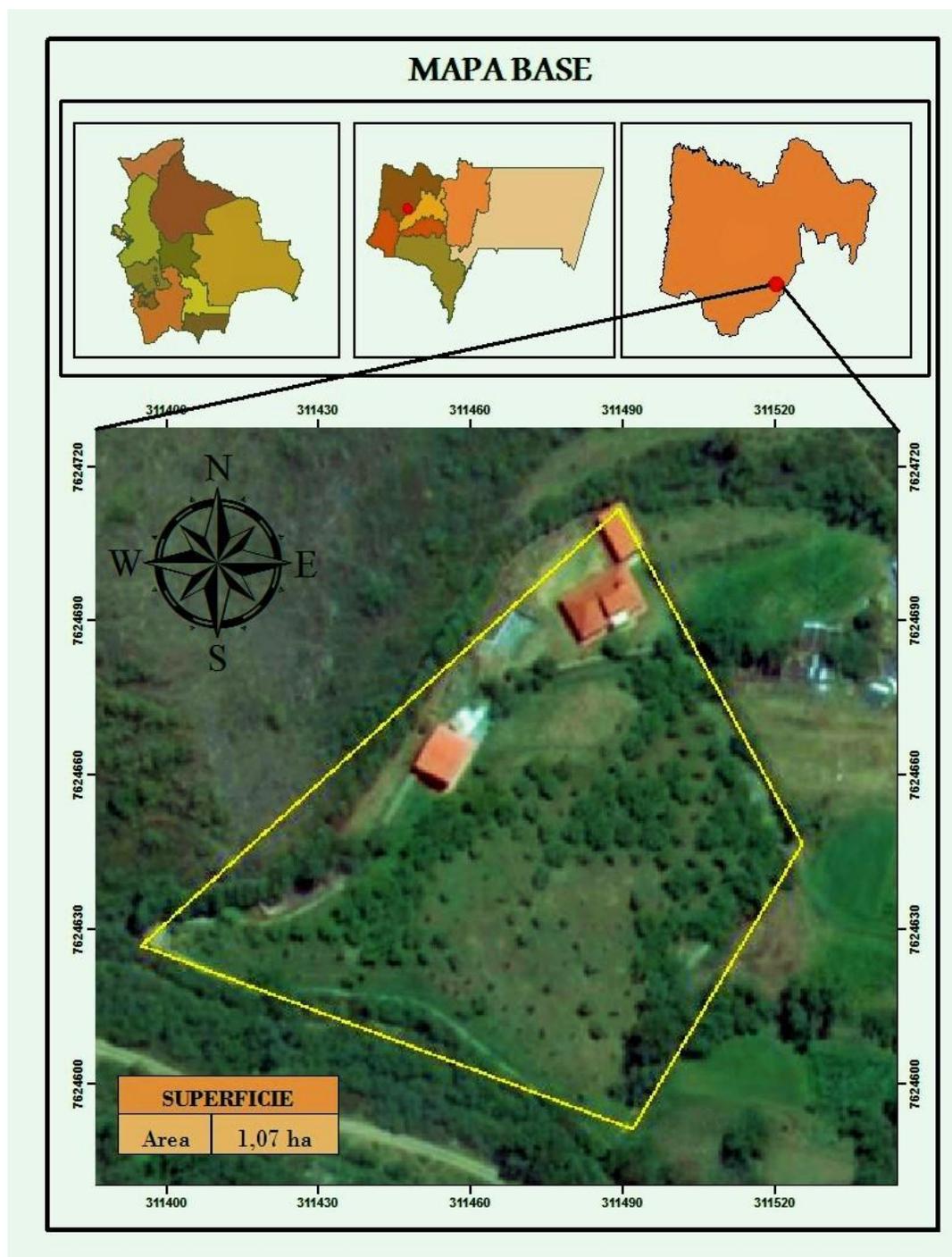
3.3. DIAGRAMA DE METODOLOGÍA



3.4. ELABORACIÓN DE MAPAS

Se definió el área de estudio, para luego ejecutar un mapa base, utilizando GPS, SIG el cual se puede apreciar a continuación:

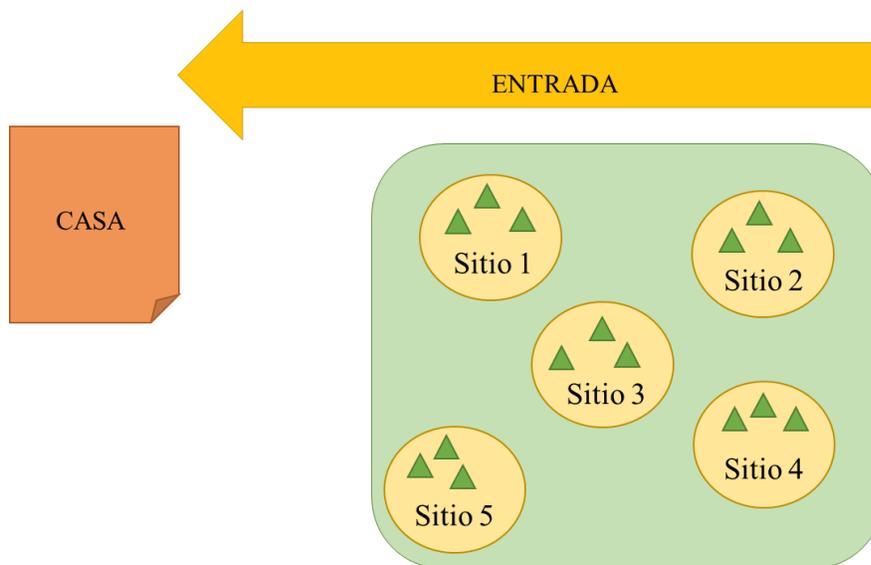
Mapa N° 2 *Mapa Base*



3.5. ESTRATIFICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona escogida presenta un área total de 1,07ha. En el cual se realizó el trabajo de investigación en una superficie de 0,60ha, obteniendo cinco sitios.

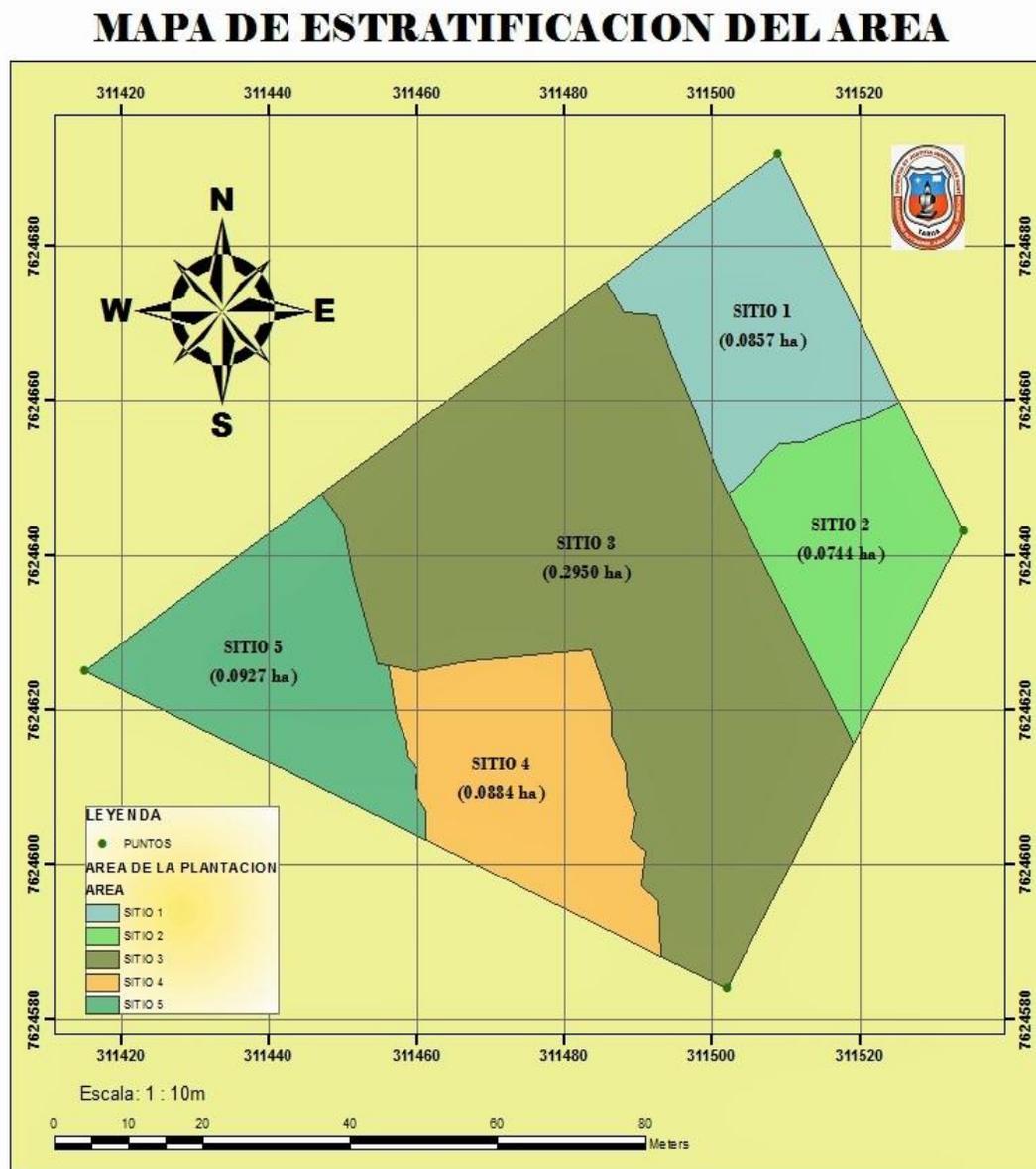
Selección de los 5 sitios, del cual constaba de 3 muestras (árboles).



Los sitios seleccionados se los ejecutó con el objetivo de tomar datos de infiltración y recoger muestras de suelo para su análisis físicos y químicos, para el muestreo de las variables que se plantea, en donde se emplearon algunos criterios técnicos, pendiente, relieve y profundidad, lo cual permitió establecer cinco sitios, los cuales fueron divididos, dentro de cada sitio se procedió a seleccionar tres arboles según su calidad, como se tiene en el sitio 1, sitio 2 de mejor calidad (altura, volumen) y rendimiento (frutos), el sitio 3 y 5 presentan una calidad media, por último el sitio 4 los cuales presentaban una baja calidad tanto en su altura y en el rendimiento de los frutos.

Posteriormente con esta internación se generó un mapa de sitios de muestreos de la plantación nogales el cual se muestra a continuación:

Mapa N° 3 *Mapa de Sitios*



EVALUACION DE LA CALIDAD DE SITIO PARA EL RENDIMIENTO Y UNA MEJOR PRODUCTIVIDAD DEL *No gal serr* INJERTADO EN LA COMUNIDAD DE ERQUIS CEIBAL

Autor: Teresa Bejarano Martínez
Carrera: Ingeniería Forestal

Tarija - Bolivia
2016

| COORDENADAS GEOGRAFICAS | | | |
|-------------------------|---------|---------|------|
| PUNTOS | X COORD | Y COORD | msnm |
| 1 | 311534 | 7624643 | 2177 |
| 2 | 311509 | 7624692 | 2173 |
| 3 | 311415 | 7624625 | 2168 |
| 4 | 311502 | 7624584 | 2165 |

| SUPERFICIE | |
|------------|---------|
| Area | 0,64 ha |

3.6. CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTACIÓN NOGAL

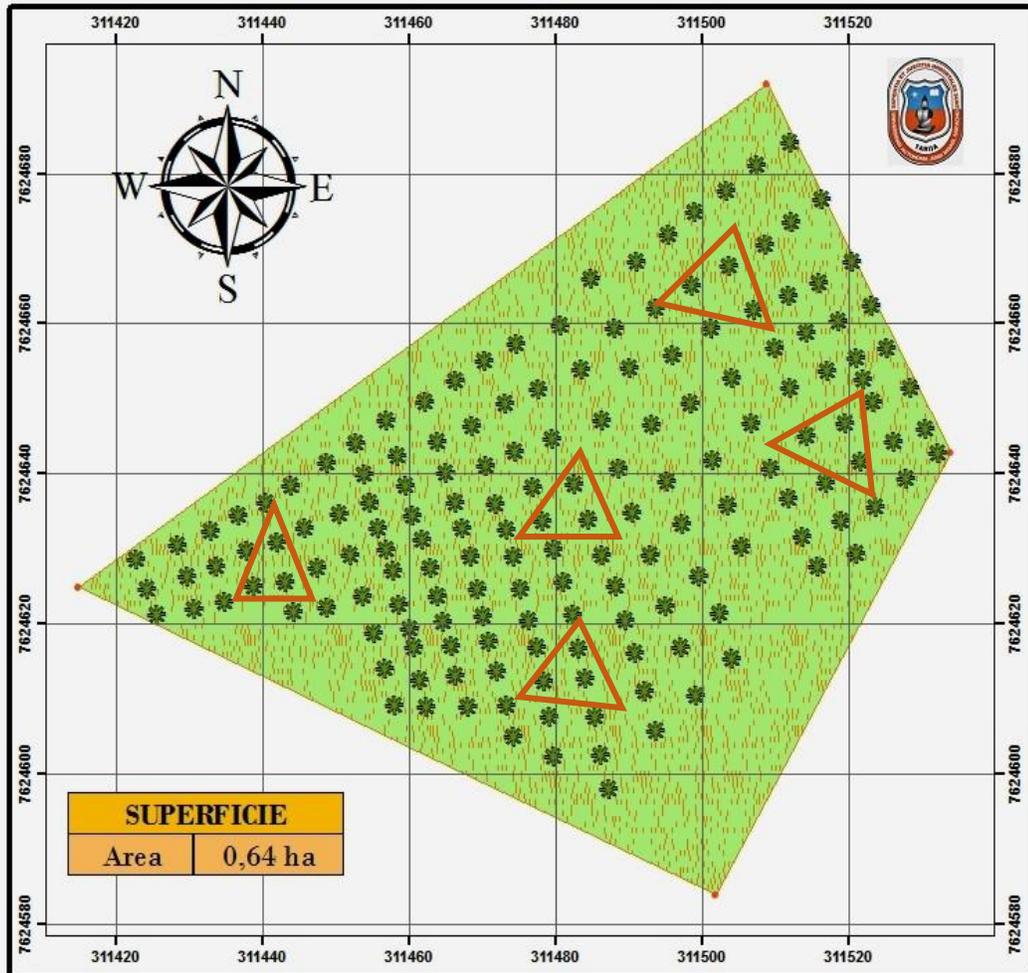
Se realizó un censo de todos los árboles presentes en cada uno de los sitios, en donde se tomaron datos: diámetro, altura total, sanidad.

El levantamiento de datos, se lo ejecuto en cada uno de los árboles, presentes en la superficie total del área de estudio de cada sitio, se tomó la altura total, las cuales estaban comprendidas entre 1-5 metros y con diámetros < 1m, dicho dato se toma en cuenta como una especie frutal (Anexo N°1 - Fotografía N°16), teniendo el tipo de cultivo, puede tomarse los datos por: copa bajo viento 0,50-0,60m, copa de medio viento 0,60-0,80m y copa de alto viento 1-1,50m del suelo.

A la vez se realizó la toma de las coordenadas X, Y de cada individuo (162 árboles), con ayuda del GPS en la zona de estudio.

Mapa N° 4 Mapa de los árboles seleccionados 3 de cada sitio

MAPA DE LA PLANTACIÓN DEL NOGAL



| SUPERFICIE | |
|------------|---------|
| Area | 0,64 ha |



Escala: 1 : 10m

EVALUACION DE LA CALIDAD DE SITIO PARA EL RENDIMIENTO Y UNA MEJOR PRODUCTIVIDAD DEL Nogal serr INJERITADO EN LA COMUNIDAD DE ERQUIS CEIBAL

Autor: Teresa Bejarano Martínez
Carrera: Ingeniería Forestal

Tarija - Bolivia
2016

| COORDENADAS GEOGRAFICAS | | | |
|-------------------------|---------|---------|------|
| PUNTOS | X COORD | Y COORD | msnm |
| 1 | 311534 | 7624643 | 2177 |
| 2 | 311509 | 7624692 | 2173 |
| 3 | 311415 | 7624625 | 2168 |
| 4 | 311502 | 7624584 | 2165 |

| LEYENDA | |
|---------|---------|
| | ARBOLES |
| | puntos |
| | AREA |



3.7. MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

En base al censo de los árboles, se procedió a seleccionar de cada sitio 3 muestras (árboles), obteniendo 15 árboles en total, de acuerdo a su calidad.

Para la producción del fruto del nogal se toma en cuenta los siguientes tipos de madurez:

- **Madurez fisiológica:** se refiere a la etapa del desarrollo de la fruta u hortaliza en que se ha producido el máximo crecimiento y maduración. Generalmente está asociada con la completa madurez de la fruta. La etapa de madurez fisiológica es seguida por el envejecimiento. No siempre es posible distinguir claramente las tres fases del desarrollo del órgano de una planta (crecimiento, madurez y envejecimiento) porque las transiciones entre las etapas son a menudo muy lentas y poco diferenciadas. (Depósito de documentos de la FAO).
- **Madurez comercial:** la madurez comercial es simplemente las condiciones de un órgano de la planta requerido por un mercado. Comúnmente guarda escasa relación con la madurez fisiológica y puede ocurrir en cualquier fase del desarrollo o envejecimiento. Los términos inmadurez, madurez óptima y sobremadurez se relacionan con las necesidades del mercado. Sin embargo, debe haber comprensión de cada uno de ellos en términos fisiológicos, particularmente en lo que concierne a la vida de almacenamiento y calidad cuando maduran. En el método subjetivo usamos nuestros sentidos para evaluar la madurez de frutas y hortalizas mediante:

| | |
|--------|--|
| Vista | color, tamaño y forma |
| Tacto | áspero, suave, blando y duro |
| Oído | sonido del producto al tocarlo con los dedos |
| Olfato | olor y aroma |
| Gusto | ácido, dulce, salado y amargo. |

FUENTE: (Depósito de documentos de la Fao).

Después de la selección de los 15 árboles, se realizó una cosecha manual para la recolección de las nueces, al haber alcanzado la madurez fisiológica de los mismos, en el mes de mayo, teniendo en cuenta que la época de fructificación son los meses de enero, febrero y diciembre. Después de haber ejecutado el procedimiento de recolección, se procedió a llevar las muestras en bolsas plásticas, para luego ser estas pesadas en el laboratorio. (Anexo N°1-Fotografía N°20).

3.8. LEVANTAMIENTO DE DATOS DEL SUELO

Una vez definido los sitios del área de estudio, se procedió al levantamiento edáfico e hidrológico del suelo.

Tomando en cuenta tres factores importantes:

| | |
|--------------------|----------------|
| Suelo | - Relieve |
| | - Pedregosidad |
| | - Pendiente |
| Planta | - Altura |
| | - Diámetro |
| | - Sanidad |
| Producción (Fruto) | - Vigor |
| | - Peso |

Primeramente, se observó cada uno de los cinco sitios, para poder realizar las calicatas cerca de donde se ejecutó la infiltración.

Imagen N° 11 Posición de las Calicatas en la superficie de estudio

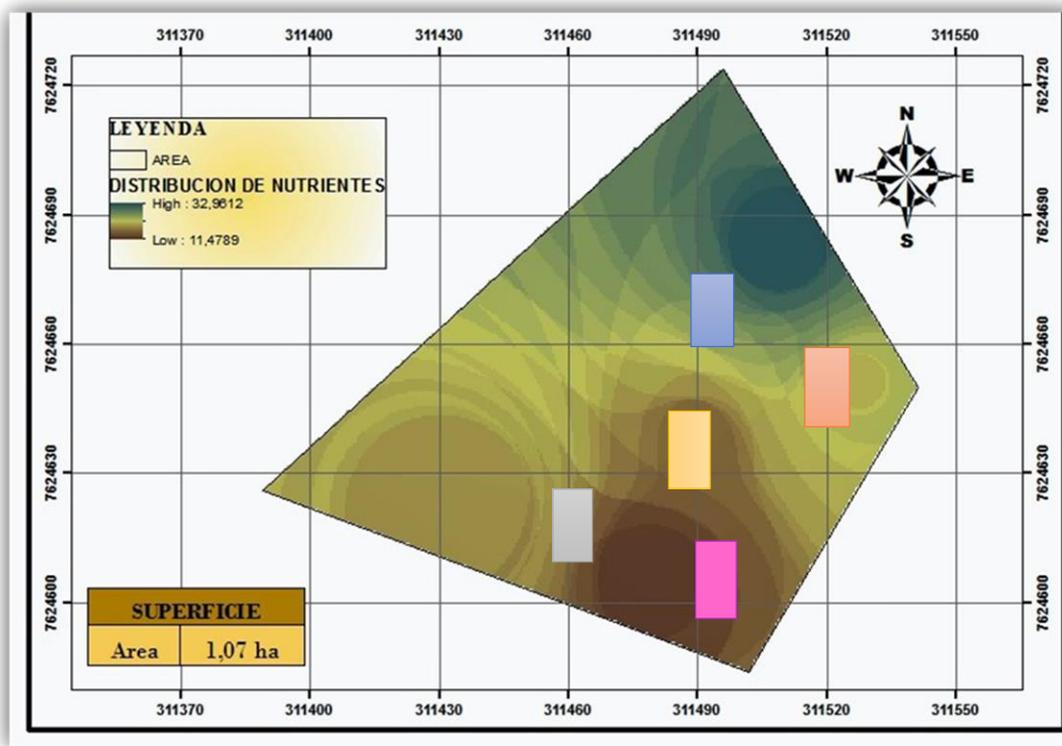


Tabla N°12 Coordenadas de las Calicatas

| SITIOS | PERFIL | COORDENADAS | |
|--------|--------|-------------|---------|
| | | X | Y |
| 1 | 1 | 311510 | 7624681 |
| 2 | 2 | 311527 | 7624652 |
| 3 | 3 | 311490 | 7624638 |
| 4 | 4 | 311481 | 7624608 |
| 5 | 5 | 311435 | 7624624 |

Calicata 1 

Calicata 2 

Calicata 3 

Calicata 4 

Calicata 5 

Para la descripción de los perfiles se toma en cuenta cada uno de los suelos donde existe vegetación y en sitios donde no existe cobertura vegetal de acuerdo a la (Fao, 1986),

se debe tener en cuenta que al iniciar el estudio de una calicata es conveniente hacer una primera observación en los frentes y paredes laterales, con el fin de reconocer la posible variabilidad lateral. En ese momento es preferible no limpiar las superficies, ya que la estructura se identifica mejor si el perfil ha tenido ocasión de secarse y puede haber caracteres temporales, tales como florescencias salinas, que constituyan una información que podría perderse.

Al cavar una calicata ver imagen N°12 hay que aplicar criterios respetuosos con el suelo para rehabilitarlo una vez acabado el estudio. Para ello el material de la parte superior, correspondiente al epipedon, se sitúa separadamente del resto, de forma de no mezclar los materiales, para que al tapar la calicata se pueda reponer en su lugar y se rehabilite el suelo adecuadamente. La excavación se realiza de forma que la calicata quede orientada para recibir luz solar sin sombras en algún momento del día y al frente sea lo más vertical posible, evitando colocar tierra encima, o alterar la vegetación natural o cultivo, de forma que se puedan tomar fotografías de calidad. (Fao, 1986),



Imagen N°12 Forma de las Calicatas

Luego de haber descrito cada perfil detalladamente, se procedió a la toma de muestras para los análisis físicos-químicos (Anexo N°10 – Fotografía N°10) extrayendo

aproximadamente 1/2Kg de suelo de cada horizonte los cuales fueron etiquetados en bolsas de polietileno, para luego ser llevadas al laboratorio para el análisis correspondiente.

Posteriormente de recoger las muestras de suelo, se ejecutó la toma de datos de densidad aparente (Anexo N°10 - Fotografía N°9) con la ayuda de un cilindro metálico con las dimensiones de 3.2cm de diámetro y una altura de 5,4cm, el cual se lo introdujo al centro, al lado derecho e izquierdo de la pared de cada horizonte con la ayuda de un trozo de madera y un martillo. Luego las tres muestras recogidas se las coloco en una bolsa de polietileno correctamente codificado para realizar el análisis de laboratorio.

3.9. LEVANTAMIENTO DE DATOS DEL SUELO AGENTES EXTERNOS

El levantamiento de las características externas del suelo: pendiente, rocosidad superficial, pedregosidad superficial y otras relacionadas a procesos geomorfológicos, se realizó empleando planillas elaboradas por el docente de la materia FOR 015 Geomorfología (Ing. Linder Espinoza) para prácticas de identificación de componentes del paisaje, entre ellos el suelo (Anexo N°7).

3.10. INFILTRACIÓN

La infiltración fue determinada por el método del doble anillo (Anexo N°1-Fotografía N°2 y N°3), el cual se insertó dos cilindros de acero el uno con un diámetro entre 8 a 12cm y el otro de 15 a 20cm en el suelo hasta una profundidad de 15 a 20cm, posteriormente se afora con agua los dos cilindros hasta la misma altura y con la ayuda de una regla milimétrica se empieza a medir las distintas alturas del agua en el cilindro interno, a intervalos periódicos, de modo de registrar intervalos 5, 10, 20, 30, 45, 60, 90.....hasta completar las tres horas como se muestra en la planilla de campo. Los

datos obtenidos en campo fueron ajustados mediante la fórmula Philips como se detalla a continuación:

$$I = A + \frac{1}{2}S * t^{1/2}$$

I = Infiltración *mm/h*

A = Factor relacionado con la conductividad hidráulica asimilable

S = Sortividad, que representa los efectos del potencial de succión y gravitacional respectivamente.

$t^{1/2}$ = Tiempo

3.11. ANÁLISIS DE LABORATORIO

Después de haber ejecutado las calicatas y la toma de muestras, se procedió a llevar de los 5 sitios las muestras para su respectivo estudio y obtener la caracterización física y química del suelo, el análisis se lo realizó en el Laboratorio de **RIMH laboratorio de aguas, suelos y análisis ambiental**, ver Anexo N°6.

3.12. ANÁLISIS DE LA RAÍZ

La metodología que se utilizó, para el estudio del sistema radicular se basa en el método de perfil de pared descrito por Böhm (1979), y en la posterior cuantificación de las raíces que serán medidas en campo.

El procedimiento utilizado en este trabajo comenzó con la abertura mediante excavación, paralelas a las hileras de plantación a una distancia desde el tronco de 0,30 m con dimensiones de 2,4 m de largo, dividida en dos partes iguales (Lado Izquierdo y Lado derecho), y una profundidad de 0,9m asumiendo así una simetría en la distribución de las raíces.



Imagen N°13 Excavación para el análisis de raíz

Luego se procedió a nivelar los perfiles de cada tratamiento, mediante la extracción de una capa fina de aproximadamente 1-2 cm, de manera de dejar expuesta la mayor cantidad de raíces presentes en el perfil de suelo. Para esto se utilizaron herramientas puntiagudas (cuchillos, rastrillos manuales, espátulas), ver Anexo N°1-Fotografía N°13.

Para facilitar el proceso de medición en campo, se usó una malla de acero de 1,2 x 0,9 m dividida en 48 cuadrados de 15 x 15 cm, cuya área total es de 225 cm², que es ubicada a ambos lados de los troncos (Izquierdo y Derecho).



Imagen N°14 Malla de acero

Para mejorar el posicionamiento de la malla y medición de las raíces se le agregó un marco de madera con medidas (cm), que permite una mejor estabilización de ésta en el perfil. Los cuadrados permiten formar niveles en profundidad y niveles de distancia desde el tronco longitudinalmente a la hilera de plantación.

3.13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleará un análisis estadístico que permita establecer diferencias significativas entre estratos a evaluar en lo que respecta a las propiedades físico químicas, para lo cual se empleara el Test de estadística no paramétrica Mann Witney que es un método no para métrico aplicado a dos muestras independientes cuyos datos han sido medidos al menos en una escala de nivel ordinal, que consiste en comparar cada individuo del segundo grupo, registrándose cuantas veces sale favorecido en esa comparación. Basándose en ese recuento se construye una medida que es la que se contrasta para ver si la diferencia con el resultado esperado, en el caso de que hubiera diferencias entre los grupos. (Murray y Spiegel, 1890).

Procedimiento:

Paso 1: Se combinan todos los valores de la muestra en una ordenación a mayor en una primera fila y en una segunda fila por debajo de la primera se asignan rangos del 1 a n, de acuerdo a la cantidad de valores existentes en la muestra.

Paso 2: Se realizará la sumatoria de los rangos de cada muestra para ambos grupos.

Pasó 3: Se determinará la distribución muestral por medio del U estadístico para cada grupo, mediante las siguientes formulas:

$$U_1 = N_1 N_2 + \frac{N_1(N_1 + 1)}{2} - R_1$$

U_1 = Distribución muestral para la muestra 1

N_1 = Tamaño de la muestra del grupo 1

N_2 = Tamaño de la muestra del grupo 2

R_1 = Sumatoria de los rangos del grupo 1

$$U_2 = N_1 N_2 + \frac{N_1(N_1 + 1)}{2} - R_2$$

U_2 = Distribución muestral para la muestra 2

N_1 = Tamaño de la muestra uno

N_2 = Tamaño de la muestra dos

R_1 = Sumatoria de los rangos del grupo 2

Paso 4: Se calcula la media de ambos grupos mediante la siguiente relación

$$U_V = \frac{N_1 N_2}{2}$$

U_V = Media

N_1 = Tamaño de la muestra uno

N_2 = Tamaño de la muestra dos

Paso 5: Se hace el cálculo de la desviación estándar

$$O_u^2 = \frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12}$$

O^2 = Desviación estándar

N_1 = Tamaño de la muestra uno

N_2 = Tamaño de la muestra dos

Paso 6: Se realizará el cálculo de la varianza

$$z = \frac{U U_v}{O_u}$$

Z = Varianza

U = Distribución muestral

U_v = Media

O_u = Desviación estándar

Paso 7: Una vez calculado el valor Z se procederá analizar el valor de cada prueba al 95% probabilidad, de manera tal que si este valor cae entre $-1.96 \leq o \leq +1.96$ no

presenta diferencias significativas, pero si cae fuera de estos valores mencionados quiere decir que presenta diferencias significativa al 95% probabilidad.

$$-1.96 \leq \text{—————} \leq +1.96$$

3.14. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SITIO

La calidad de sitio se determina mediante los siguientes procedimientos:

1. Los suelos fueron categorizados por agentes externos y agentes internos:

Agentes externos

- Pendiente
- Pedregrosidad
- Rocosidad
- Infiltración
- Profundidad del suelo
- Fruto
- Raíces

Agentes internos

- Densidad Aparente
- Porosidad
- Materia orgánica
- Nitrógeno
- Fosforo
- Potasio
- pH
- Conductividad eléctrica

Una vez determinado estos agentes del suelo se procederá a la clasificación de sitios los cuales serán identificados, si es moderadamente apto o no apto, según los resultados que se obtengan.

- Es importante tomar en cuenta la **Ley del mínimo de Liebig** dice que el nutriente que se encuentra menos disponible es el que limita la producción, aun cuando los demás estén en cantidades suficientes, Bartholomew (1958).

3.15. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SITIO

- Calidad A: Sitios con buena calidad de suelo
 - Calidad B: Sitios con mediana calidad de suelo
 - Calidad C: Sitios con mala calidad de suelo
- Una vez determinadas las clases a las cuales corresponden las propiedades del suelo, la calidad de sitio se determinó mediante la siguiente clave en la cual entran en interacción las propiedades físicas-químicas del suelo como también las características externas de las mismas de acuerdo a los valores interpretados con las tablas ver Anexo N°2.

CAPITULO IV

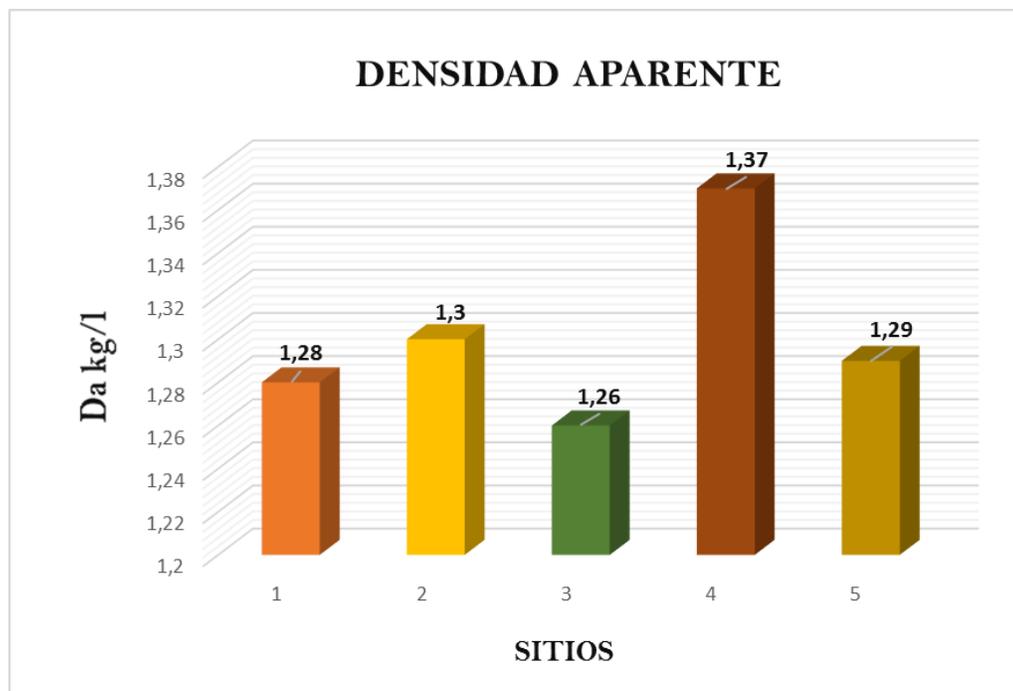
ANALISIS DE RESULTADOS

Considerando los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación a continuación se presentan los siguientes resultados:

4.1. PROPIEDADES FÍSICAS

Tomando en cuenta los objetivos planteados, en esta parte se muestra los resultados de las propiedades Físicas de los 5 sitios muestreados en la comunidad de Erquis Ceibal.

4.1.1. Densidad Aparente (Da)



Gráfica N°1 Niveles de densidad aparente por sitios muestreados

De acuerdo a la gráfica N° 1 podemos observar que el sitio 4 tiene una densidad aparente de 1,37 Kg/l seguido del sitio 2 con valores de 1,30 Kg/l, mientras que para el caso del sitio 5 se registra un valor de 1,29 Kg/l y por último los valores más bajos a diferencia de los otros sitios se atribuyen al sitio 1 con 1,28 Kg/l y sitio 3 con 1,26 Kg/l.

Lo que respecta a los 5 sitios de acuerdo a la interpretación del análisis de suelo del Ministerio de Desarrollo Sostenible 2005, se encuentran entre la categoría media de densidad aparente, a diferencia de que el sitio 4 y sitio 2, son un poco elevados ya que estos suelos son arenosos, lo cual indica que no hay tal grado de compactación, seguidos por el sitio 1 y sitio 3, a diferencia del sitio 5 que se pudo observar una velocidad de infiltración lenta y los arboles eran un poco pequeños entre los 2 y 3m de altura (Anexo N°2).

Si los valores son altos, quiere decir, que el suelo es compacto o poco poroso, que tiene mala aireación, que la infiltración del agua es lenta, lo cual puede provocar anegamiento, y que las raíces tienen dificultades para alongarse y penetrar hasta donde encuentren agua y nutrientes. En estas condiciones, el desarrollo y crecimiento de los árboles es impedido o retardado consistentemente. (Donosco 1994).

Para el caso del sitio 4, 2 y 5 los valores de densidad aparente se encuentran en una categoría media con niveles más bajos que los sitios 1 y 3, en lo cual no se observa diferencias significativas, de acuerdo al test estadístico no paramétrico Mann Whitney, por lo tanto son suelos más livianos con un mejor nivel de porosidad, aireación y penetración del agua, aunque cabe recalcar que en el sitio 4 se pudo observar un solo horizonte, presentaba un suelo más arenoso y con mayor existencia de pedregosidad.

En el suelo si existe la presencia de valores bajos de densidad aparente implican suelos porosos, bien aireados con buen drenaje y una buena penetración de raíces, todo lo cual significa un buen crecimiento y desarrollo de los árboles. (Donosco 1994).

4.1.2. Porosidad

La porosidad se determina de acuerdo a la siguiente formula:

$$Po = \frac{DR - DA}{DR} * 100$$

Po = Porosidad %

DA = Densidad aparente

DR = Densidad real o de partícula

| Sitios | DR | DA |
|--------|------|------|
| 1 | 2,65 | 1,28 |
| 2 | 2,65 | 1,3 |
| 3 | 2,65 | 1,26 |
| 4 | 2,65 | 1,37 |
| 5 | 2,65 | 1,29 |

Sitio 1

$$Po = \frac{DR - DA}{DR} * 100$$

$$Po = \frac{2,65 - 1,28}{2,65} * 100 = 51,70\%$$

Sitio 2

$$Po = \frac{DR - DA}{DR} * 100$$

$$Po = \frac{2,65 - 1,3}{2,65} * 100 = 50,94\%$$

Sitio 3

$$Po = \frac{DR - DA}{DR} * 100$$

$$Po = \frac{2,65 - 1,26}{2,65} * 100 = 52,45\%$$

Sitio 4

$$Po = \frac{DR - DA}{DR} * 100$$

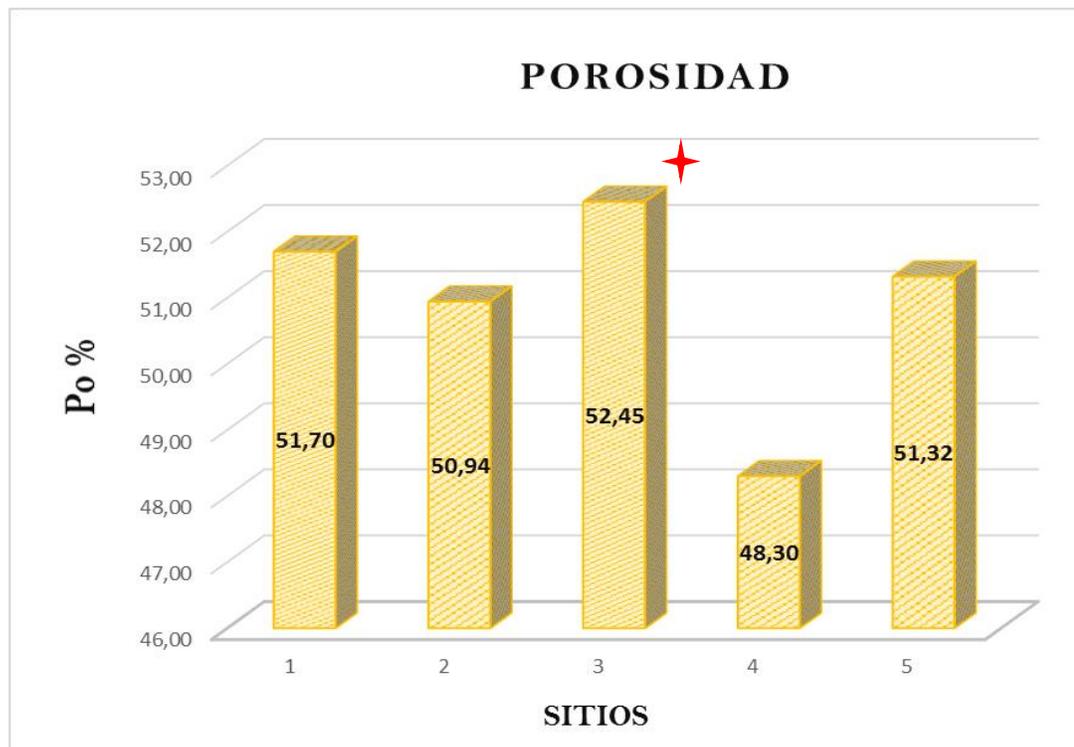
$$Po = \frac{2,65 - 1,37}{2,65} * 100 = 48,30\%$$

Sitio 5

$$Po = \frac{DR - DA}{DR} * 100$$

$$Po = \frac{2,65 - 1,29}{2,65} * 100 = 51,32\%$$

El contenido de porosidad que presentan los sitios se visualizan a continuación:



Gráfica N°2 Resultados de porosidad

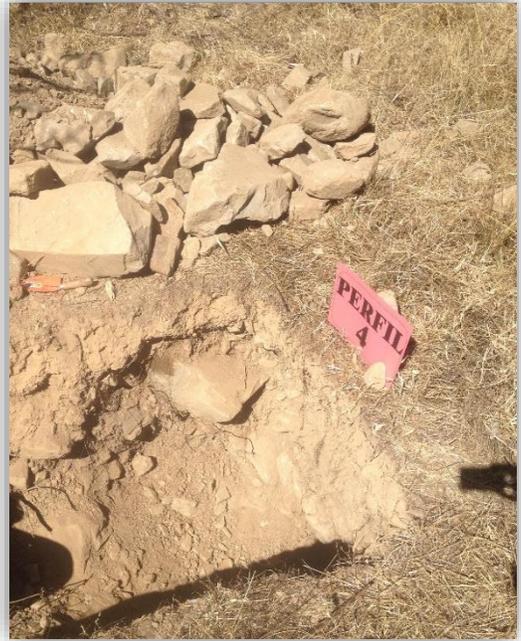
✦ *Diferencias significativas al 95 %*

Puesto que se observa en la gráfica N°2 que se tiene mayor porosidad en el sitio 3 con 52,45 % a diferencia del sitio 4 que tiene una porosidad baja 48,30 % presentando diferencias significativas al 95 % de acuerdo al test estadístico no paramétrico Mann Witney, los demás sitios presentan una porosidad de 51,70 % sitio 1, seguido por sitio 2 con 50,94 % y el sitio 5 que tiene 51,32 % sin diferencias significativas.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, los sitios 1, 2, 3, 5 presentan una porosidad entre los rangos 50 – 55% y el sitio 4 que es el único valor que se encuentra

menos que la categoría anterior, según la interpretación de Souchier B. 1980, es decir tienen una porosidad satisfactoria en los sitios 1, 2, 3, 5 los cuales son suelos con una mejor aireación, infiltración en donde su textura es liviana la cual favorece el crecimiento de las plantas.

Mientras que para el caso del sitio 4 por sus características de presentar una porosidad reducida y una densidad aparente alta, la capacidad de infiltrar es menor, reduciendo la aireación, el desarrollo radicular, el cual es un sitio escaso para un cultivo, debido a una baja presencia de poros, cabe destacar que en las visitas de campo que se realizó, pudimos observar un bajo desarrollo de los arboles nogal *serr* en comparación a los otros sitios, existencia de pedregosidad y solo se pudo obtener un perfil de suelo.

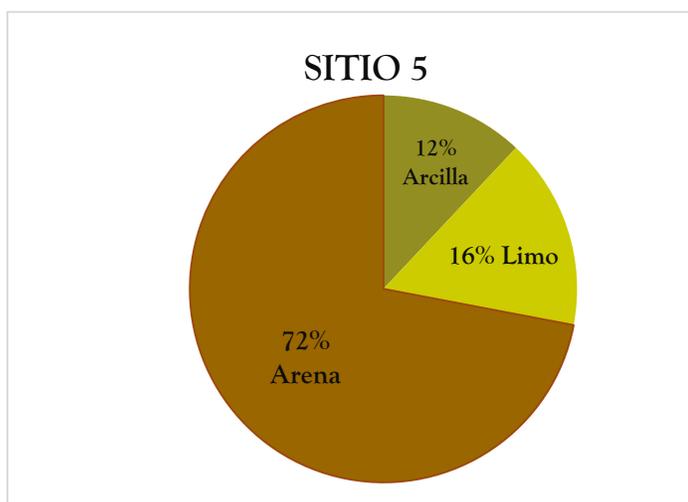
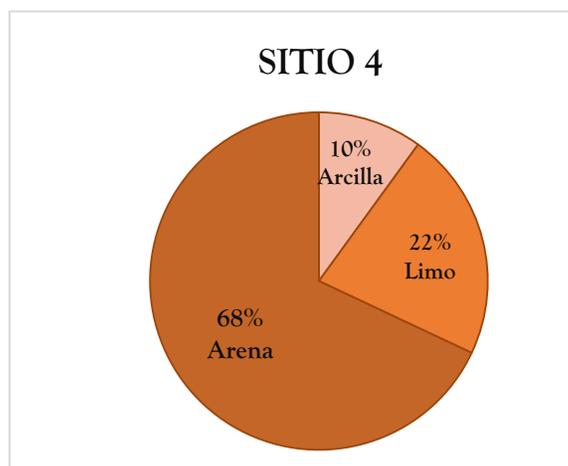
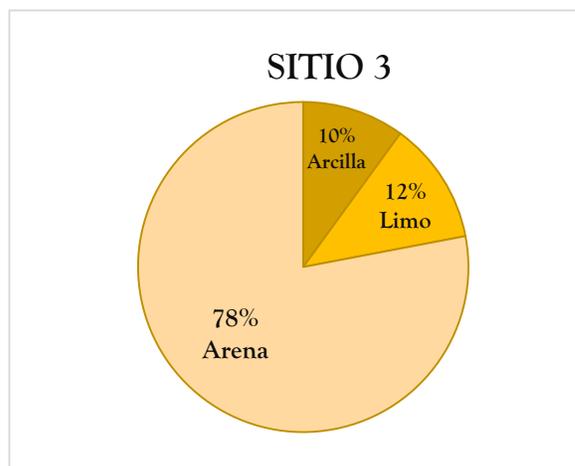
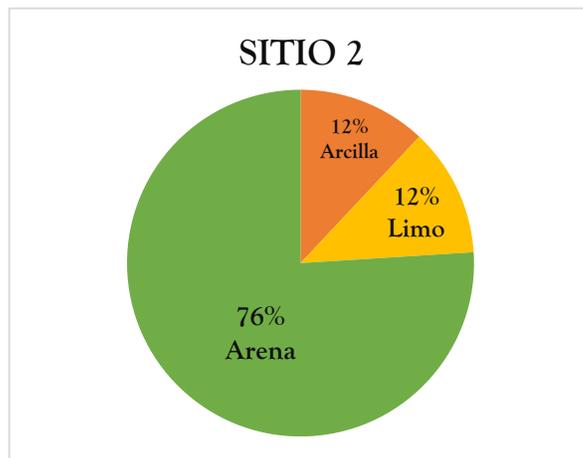
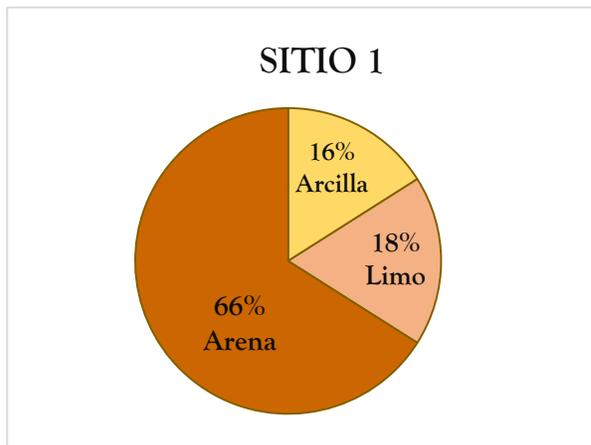


Sitio N°4

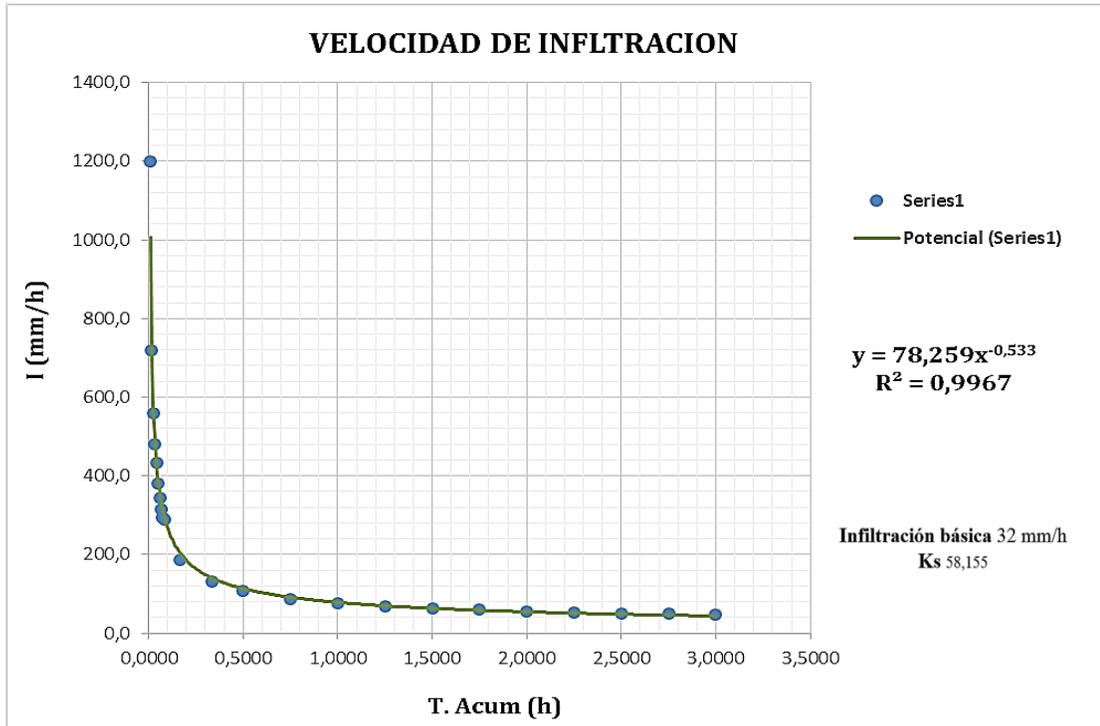
Según Donosco, 1994, es significativo que la presencia de alta porosidad en el suelo es un indicador de buen sitio, si se comparan dos suelos similares en otras características. En cambio, suelos de baja porosidad indican normalmente sitios malos.

4.1.3. Textura

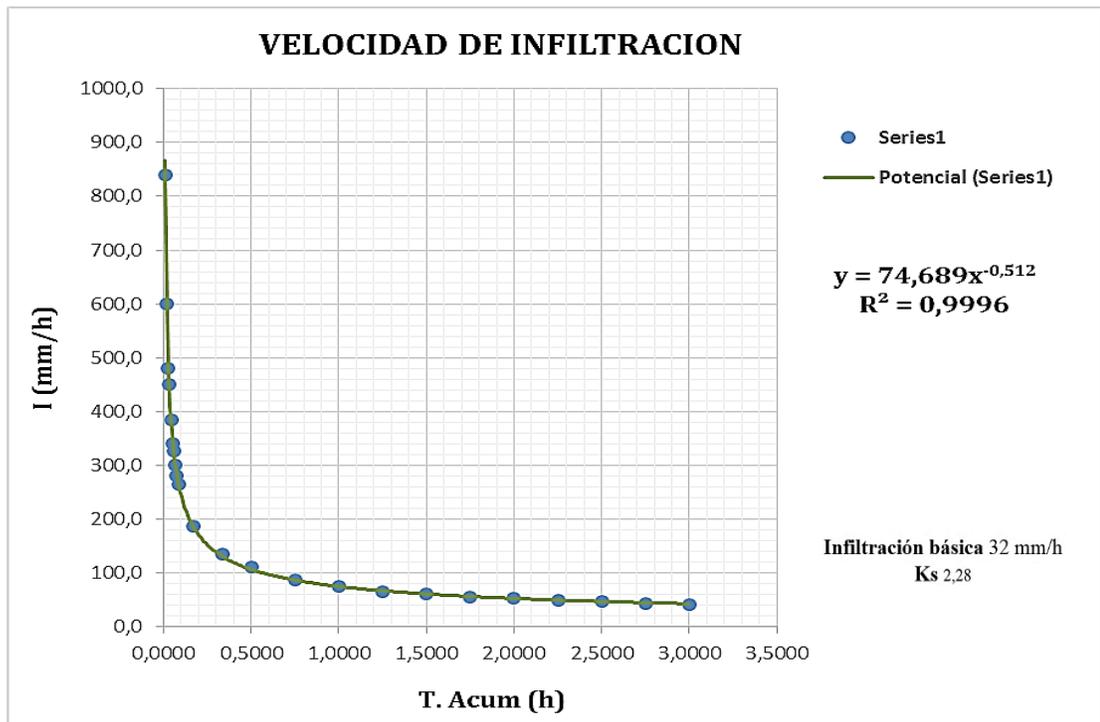
Clasificación de las texturas de suelo que fueron encontradas en cada sitio:



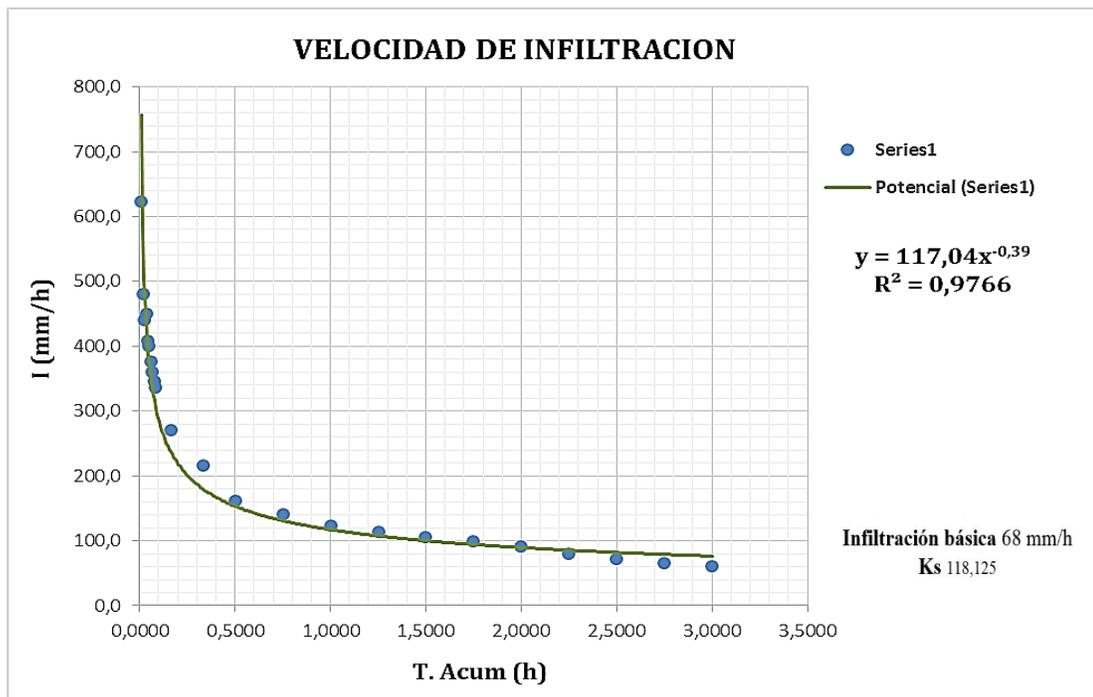
Gráfica N°4 Sitio 2



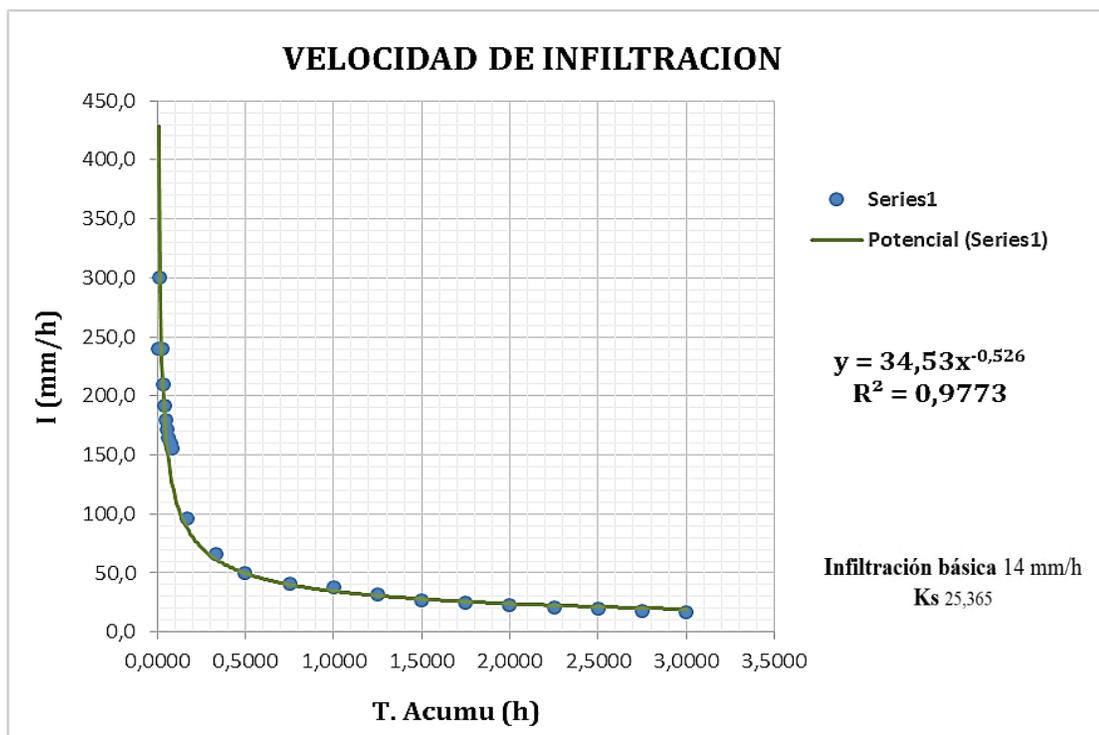
Gráfica N°5 Sitio 3



Gráfica N°6 Sitio 4



Gráfica N°7 Sitio 5



De acuerdo a las gráficas N° 1, 2, 3, 4 y 5, podemos observar que el sitio 4 presenta una infiltración con mayor velocidad 68mm/h, a diferencia del sitio 5 que tiene una menor velocidad 14mm/h, lo cual demuestra que existe diferencias significativas al 95 % de acuerdo al test estadístico no paramétrico Mann Whitney, seguido el sitio 1 con 56mm/h, el sitio 2 con 32mm/h y el sitio 3 con 32mm/h.

Por lo mencionada anteriormente el sitio 5 tiene una disminución en la capacidad de infiltración, la cual es moderadamente lento, según Landon, 1984 y se pudo observar que llega a ser constante en un periodo de tres horas, es decir llega a un punto de saturación donde el agua no penetra al interior del suelo, lo cual se opta para riego de superficie. En este sentido la conductividad hidráulica (K_s) es baja, por lo tanto, el peso del agua por el horizonte del suelo es lento, lo cual es corroborado por los valores de la velocidad de infiltración.

Según Donosco, 1994. La capacidad de infiltración de un suelo es la permeabilidad que este presenta ante el agua, o la habilidad del suelo para aceptar agua y permite el paso de ella a través de lo que depende básicamente de la porosidad y el contenido de humedad del suelo a si en suelos arenosos el agua infiltra rápidamente y no tiene oportunidad de escurrirse, aun con fuertes pendientes y fuertes lluvias. Por otro lado, los suelos arcillosos tienden a hincharse con pocos milímetros de agua lo cual hace que exista un escurrimiento superficial al no existir capacidad de infiltración por parte del suelo.

El caso del sitio 4 se tiene una infiltración rápida ya sea por la presencia de poros grandes, se pudo ver que no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, por lo general presentan una conductividad hidráulica (K_s) alta, estos resultados pueden deberse a que es un suelo que presentan valores altos en la densidad aparente, por esta razón es

moderadamente rápido para riego provocando pérdida de nutrientes por lavado. A diferencia de los otros sitios.

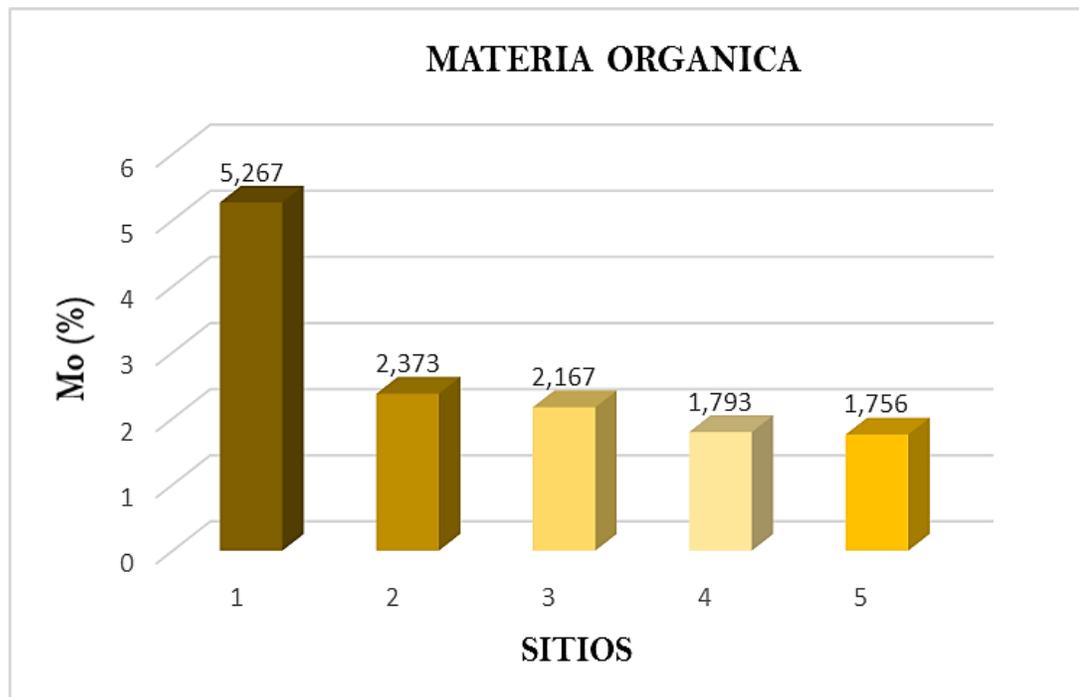
Finalmente, el sitio 1, 2 y 3 su velocidad de infiltración es moderado de acuerdo a la tabla de Landon, 1984. Los cuales son adecuados para riego de superficie, los valores de Ks son mayores de acuerdo a los cálculos realizaos por la ecuación de Philip.

Una baja conductividad hidráulica puede ser provocada por un bajo contenido de materia orgánica, combinada con un alto contenido de sodio, particularmente en suelos de textura fina. Los suelos con más de 5 % de sodio intercambiable normalmente reportan baja conductividad hidráulica. Esos suelos no van a mejorar su productividad solo con la adición de fertilizantes, sino que requieren la aplicación de un mejorador como fuente de calcio y de abonos orgánicos. (Aguilar, 2000).

4.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

De acuerdo a los objetivos planteados se muestra a continuación los resultados de los análisis químicos, para la evaluación de la calidad de sitio en la comunidad de Erquis Ceibal.

4.2.1. Materia orgánica



Gráfica N°8 La disponibilidad de materia orgánica en los suelos

En la gráfica N°8 podemos observar que no existe diferencias significativas al 95%, en donde el mayor porcentaje de materia orgánica es en el sitio 1 con un 5,267% seguido del sitio 2 con 2,373%, sitio 3 con 2,167% y en menor presencia de materia orgánica tenemos el sitio 4 con 1,793% y sitio 5 con 1,756%.

Según la tabla de interpretación de Fernández, 2006, el sitio 1 se encuentra en el rango alto de materia orgánica 5,267 %, en el cual existe una mejor capacidad de retención de agua, se pudo ver que en este sitio había una mayor presencia de hojas en descomposición, lo cual forma humus en



Sitio 1

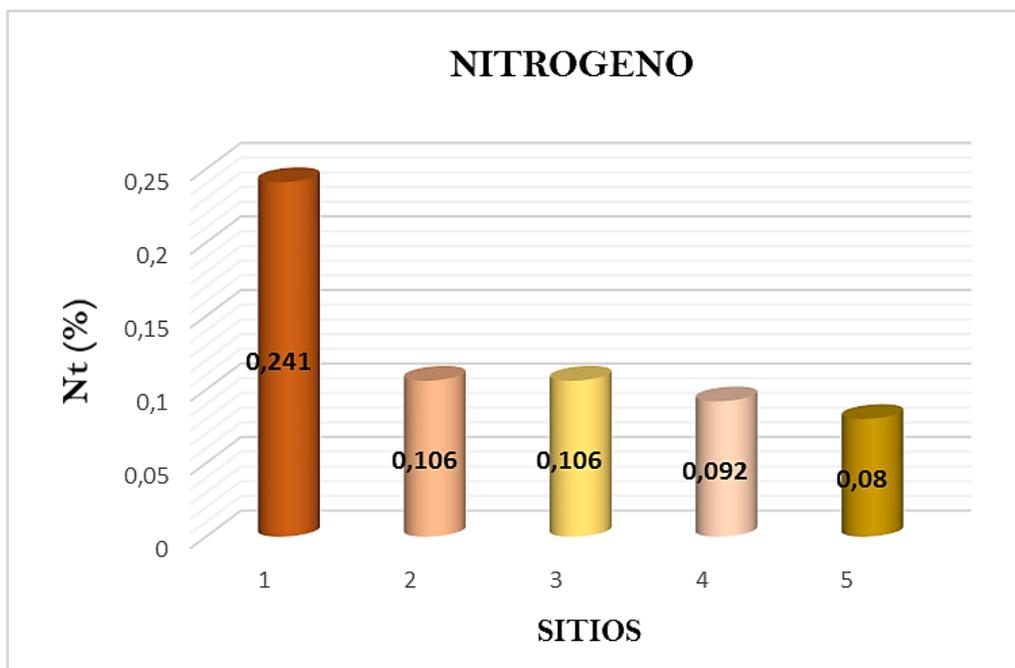
el suelo lo que a su vez genera materia orgánica en mayor proporción.

Los sitios 2, 3, 5 presentan niveles medios de materia orgánica inferiores al sitio 1, sin embargo, consideramos una buena presencia de materia orgánica, debido a que en el suelo se observó hojas que caían del nogal, la vegetación herbácea como pastos y gramíneas, lo cual formaba una presencia de humus, que es parte del suelo.

Por último, el sitio 4 no existía mayor presencia de vegetación y por ende formación de humus como en los otros sitios, atribuido tal vez a que las arboles de estos sitios eran pequeñas y de poco desarrollo.

Lo cual significa que la presencia de materia orgánica es clave en el crecimiento de la planta, por esta razón se observa en el sitio 1, 2, 3 y 5 árboles desarrollados y tanto en el fruto, lo cual su disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo.

4.2.2. Nitrógeno



Gráfica N°9 Disponibilidad de nitrógeno

De acuerdo a la gráfica N°9 observamos que no existe diferencias significativas en donde la mayor presencia de nitrógeno es en el sitio 1 con 0,241% seguidos por el sitio 2 con 0,106%, sitio 3 con 0,106% y en menor proporción se observa en el sitio 4 con 0,092% y sitio 5 con 0,08%.

Según la interpretación de Fernández, 2006 de suelos, el sitio 1, tienen un rango alto en el cual se pudo observar un mejor crecimiento y coloración verde en las hojas de los árboles de nogal *serr*, los cuales cuentan con un mejor crecimiento vegetativo que puede ser atribuido a este factor.

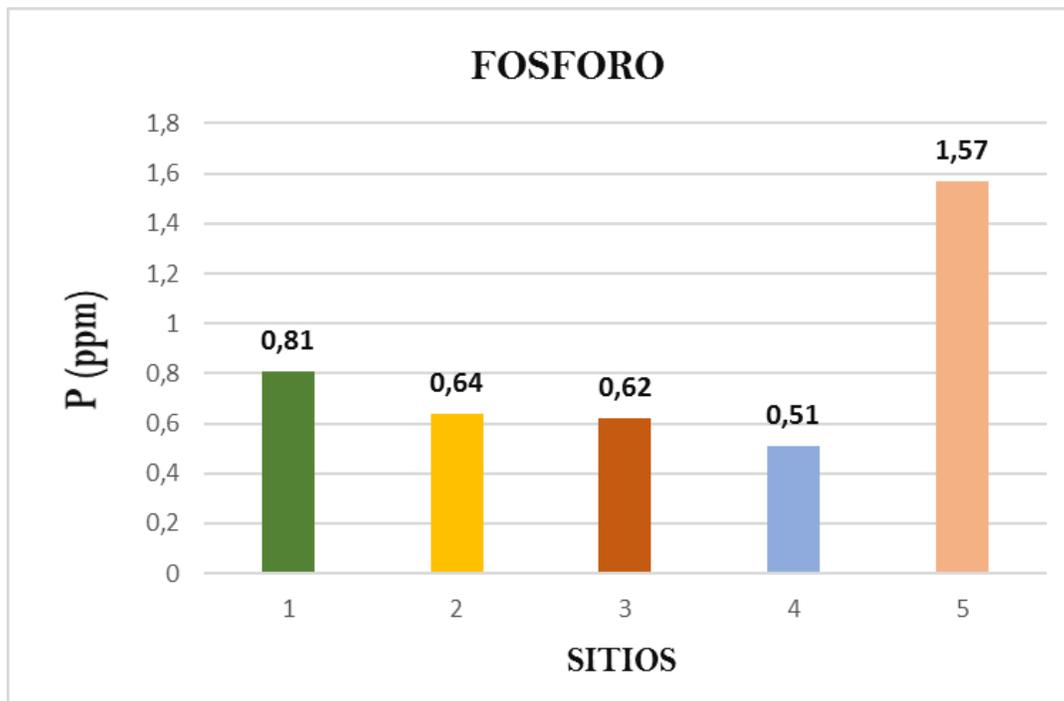
Seguido por el sitio 2 y 3 con un rango medio a diferencia de los sitios 4 y 5 donde se encuentran en una categoría baja en la cual se detecta una leve carencia de nitrógeno, se observó en las hojas las cuales eran más pequeñas con presencia de un color más claro que el color verde de las demás, se podrían decir que estos mismos síntomas pueden producirse por asfixia radicular, daños en raíces.

Lo cual nos indica que el nitrógeno es constituyente esencial de las proteínas, por lo que está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas, en el rendimiento y en la absorción de otros nutrientes, lo que se pudo observar en el sitio 1 con alta presencia de N y en un término medio los sitios 2 y 3, a diferencia de los sitios 4 y 5.



Sitio 5

4.2.3. Fosforo



Gráfica N°10 Presencia de fósforo en el suelo

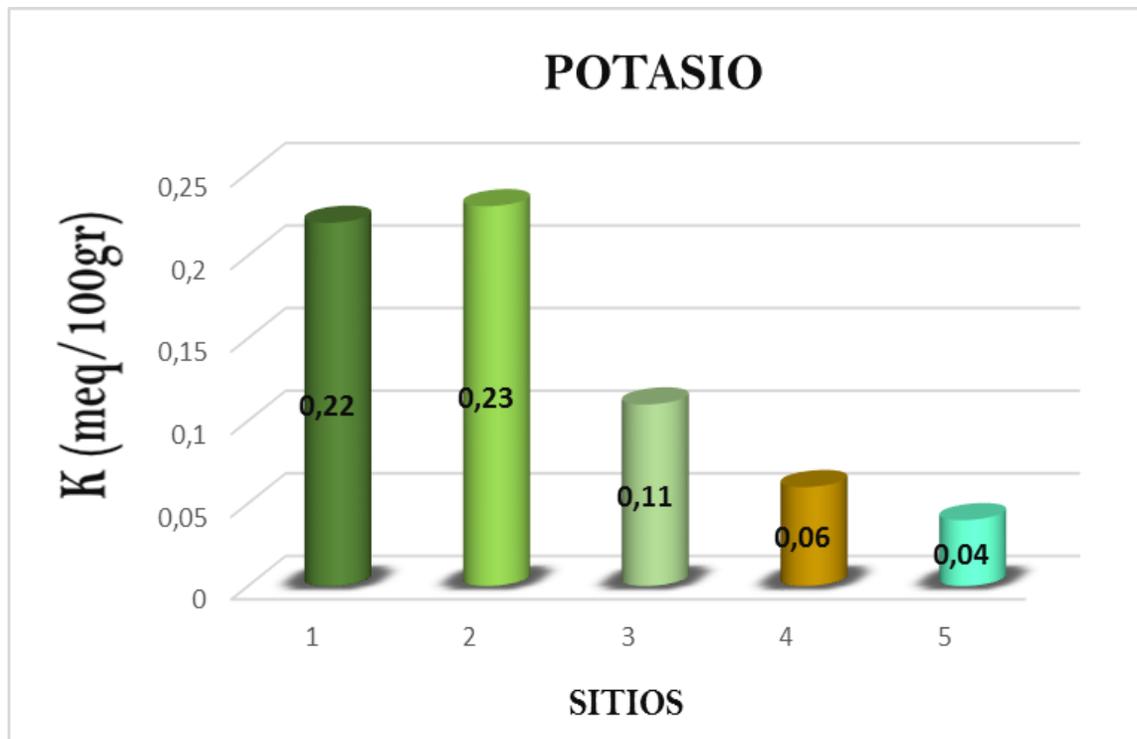
Observamos en la gráfica N°10 que no existe diferencias significativas, la presencia de fósforo en los cinco sitios, sitio 1 con 0,81ppm, sitio 2 con 0,64ppm, sitio 3 con 0,62ppm, sitio 4 con 0,51ppm y sitio 5 con 1,57ppm. Estos valores no presentan diferencias significativas.

Mayor fósforo se encuentra en el sitio 5 a diferencia de los sitios 1, 2, 3 y 4 encontrándose en una categoría baja según la tabla de interpretación Fernández 2006, las cuales presentan raíces con diámetros gruesos, raíces fuertes y abundantes a diferencia del sitio 4 que no se llegó a ver raíces en buen estado y los arboles no tenían un buen crecimiento, el fosforo es indispensable en la formación de semillas y

contribuye a la formación y maduración de los frutos, también juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis.

La deficiencia de fósforo tiene a inhibir el crecimiento del tallo. Las hojas se tornan oscuras, de aspecto apagado, color azul-verdoso y pueden volverse pálidas en deficiencias severas. El color rojizo, o rojo-violeta se desarrolla a veces por la síntesis de antocianinas. Los síntomas aparecen primero en las partes más viejas de la planta. Las hojas nuevas pueden a menudo aparentar ser sanas, pero a menudo son pequeñas. La deficiencia de fósforo puede conducir también al aumento de la relación raíz a tallo en muchas especies vegetales.

4.2.4. Potasio



Gráfica N°11 Presencia de potasio en el suelo

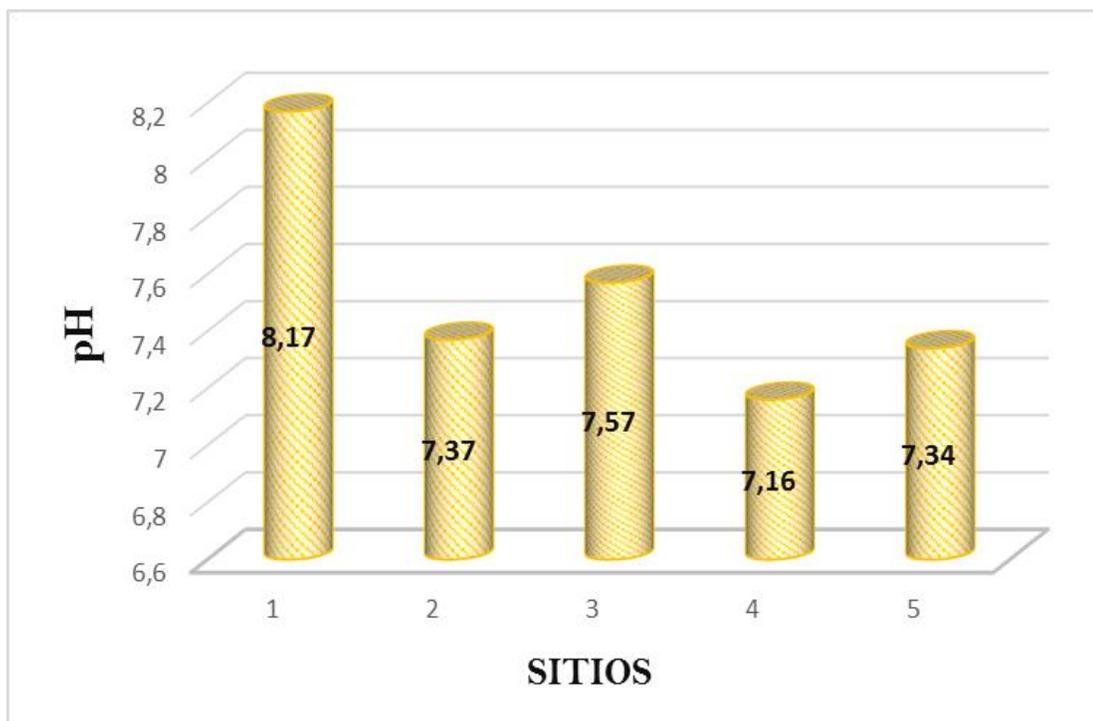
Se observa en la gráfica N° 11, que en el potasio no existe diferencias significativas, se encuentra en una categoría baja ya que sus valores son 0,22 meq/100gr en el sitio 1, 0,23 meq/100gr en el sitio 2, 0,11 meq/100gr en el sitio 3, 0,06 meq/100gr, pero los sitios 4 con 0,06 meq/100gr y sitio 5 con 0,04 meq/100gr son de una categoría muy bajo en sus valores.

Los bajos niveles de potasio en los sitios 4 y 5 se deben al parecer por que sus suelos son arcillosos más pesados con poca aireación, baja porosidad en los cuales se verifica por los valores medios de densidad aparente, que están causando una deficiencia de potasio, en estos también se observó canchales en alguna de sus hojas de la planta. Ya que la presencia del K ayuda a la síntesis de carbohidratos y de proteínas, el k mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas, salinidad. Por esta razón se nota menos desarrollo y algunas enfermedades en las plantas de estos dos sitios.

En tanto que los sitios 1 y 2 presentan mejores niveles de potasio, aunque se mantienen bajos de acuerdo a las interpretaciones realizadas, pero no muy significativo, lo cual se aprecia en hojas muy verdes y troncos gruesos con un buen vigor de los nogales *serr*, en tanto que el sitio 3 tiene un similar comportamiento.

Según Sánchez, 1981, la carencia de potasio es un desorden fisiológico de las plantas, más común en suelos ligeros, arenosos y yesosos o de turba, bajos en arcilla. Se produce también en los suelos arcillosos pesados de estructura pobre. El potasio aumenta la resistencia de la planta a las enfermedades, a la sequía y a frío. Los primeros síntomas de su carencia, cuando es leve, se observaban en las hojas viejas, pero cuando es aguda, son los brotes jóvenes los más severamente afectados, llegando a secarse.

4.2.5. pH



Gráfica N°12 Presencia del pH en el suelo

Como muestra la gráfica N°12, el pH no presenta diferencias significativas al 95% de acuerdo al test estadístico no paramétrico Mann Witney, en el sitio 1 tenemos un pH de 8,17, en el sitio 2 un 7,37, en el sitio 3 un valor de 7,57, en el sitio 4 un valor de 7,16 y por último en el sitio 5 un pH 7,34.

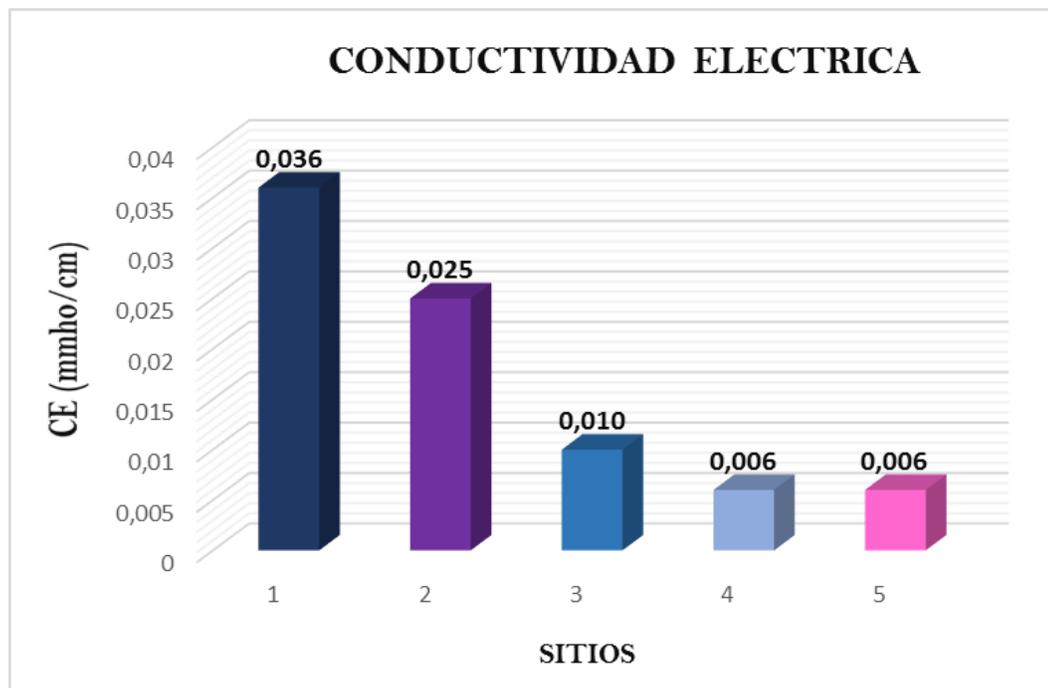
De acuerdo a la tabla de interpretación Nom-021rec-nat-2000, es decir en el sitio 5, 4 y 2 presentan un pH neutro, es decir una moderada disponibilidad de P y baja disponibilidad de micronutrientes a excepción de la Mo, en el sitio 1 tenemos pH fuertemente alcalino y en el sitio 3 medianamente alcalino, posible una baja solubilidad del P y de micronutrientes a excepción del Mo, se inhibe el crecimiento de varios cultivos.

Según la interpretación de Fernández, 2006 quiere decir que en el sitio 4 tenemos una categoría mala de pH. Los suelos pueden tener una reacción acida o alcalina y algunas veces neutral. Los pH neutros son los mejores para las propiedades físicas de los suelos. En las propiedades químicas y fertilidad, la asimilación de nutrientes del suelo está influenciada por el pH, ya que determinados nutrientes se pueden bloquear en determinadas condiciones de pH y no son asimilable para las plantas. Alrededor de pH 6-7,5 son las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas.

Notamos que el suelo mayormente tiene un valor de $\text{pH} = 7$ indicando que la calidad de sitio es apta para plantaciones y cultivos, más que todo en los sitios 2, 3, 4 y 5 se acerca bastante al neutro tiene una mejor condición para la asimilación de los nutrientes y para el desarrollo de las plantas, a diferencia del sitio 1 que tiene un pH 8,17 mayor a este valor, en el cual su fosforo disponible disminuye.

El pH del suelo es una medida de la acidez o alcalinidad de un suelo, y afecta la disponibilidad de los nutrientes, la actividad de microorganismos, y la solubilidad de minerales del suelo. Factores importantes que afectan el pH edáfico son temperatura y precipitaciones, que controlan la intensidad del lixiviado y la meteorización de los minerales del suelo. La acidez por lo general está asociada con suelos lixiviados la alcalinidad mayormente aparece en regiones más secas.

4.2.6. Conductividad eléctrica



Grafica N° 13 Presencia de la conductividad eléctrica en el suelo

En la Grafica N° 13 se puede observar la presencia de la conductividad eléctrica en cada uno de los sitios, en el sitio 1 posee 0,036 mmho/cm, en el sitio 2 un valor de 0,025 mmho/cm, en el sitio 3 tiene un 0,010 mmho/cm, en el sitio 4 con un valor de 0,006 mmho/cm y por último en el sitio 5 un 0,006 mmho/cm, lo cual no presentan diferencias significativas al 95%.

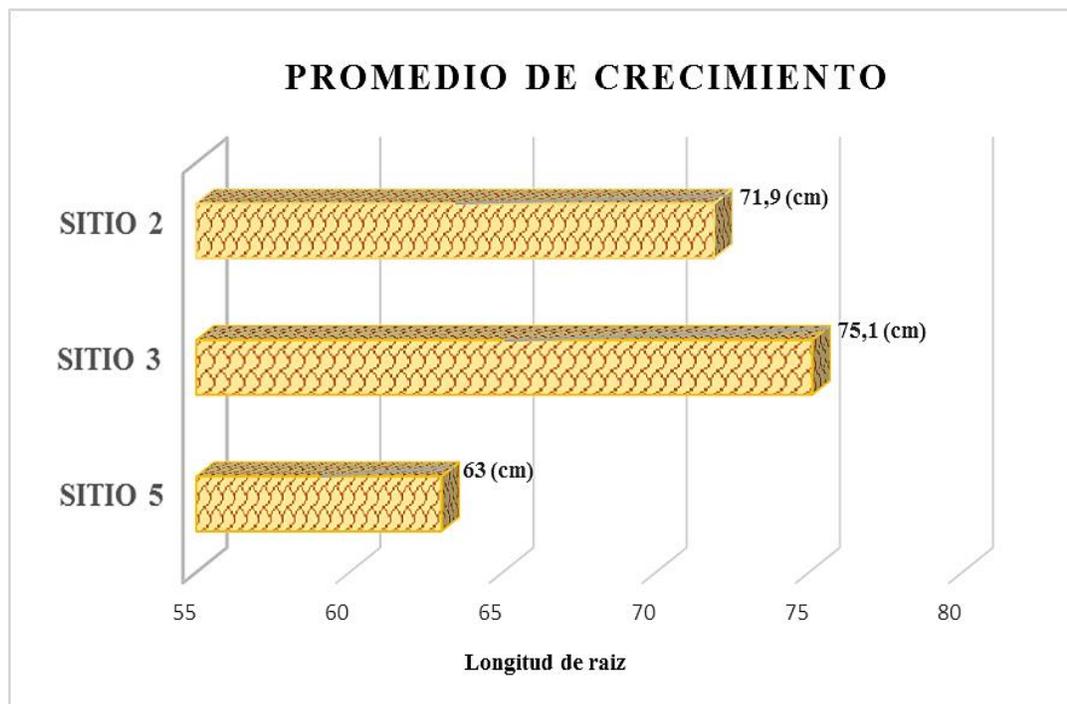
De acuerdo a la tabla de interpretación de Fernández, 2006, los 5 sitios se encuentran en la categoría no salino 0 – 2,0. En lo que se cabe destacar que no afecta a la plantación, a todo esto, se explica que la conductividad eléctrica presenta valores bajos ya que estos suelos no contienen grandes cantidades de sal.

Richter, 1982, manifiesta que a causa de la pérdida de la materia orgánica puede ocurrir la salinización de los suelos, debido a cambios en el número de cationes positivos y negativos, esto a su vez afecta la capacidad de intercambio catiónico produciéndose un bajón en la fertilidad productiva del sitio considerablemente.

4.3. MEDICION DE RAICES

El modelo de desarrollo, profundidad y extensión de las raíces, de un árbol en particular, se ven afectados por la textura del suelo, su compactación, la humedad disponible, las capas obstructoras y la nutrición. Además, la densidad del rodal y la competencia entre árboles también tiene un efecto importante sobre la extensión de las raíces laterales.

Se tomaron los datos en tres árboles, para la recolección de datos de la raíz, de los cuales se sacaron diámetro y longitud, la distancia que existe entre cada árbol es de 6x7. El método que existe en la plantación es de tres bolillos.



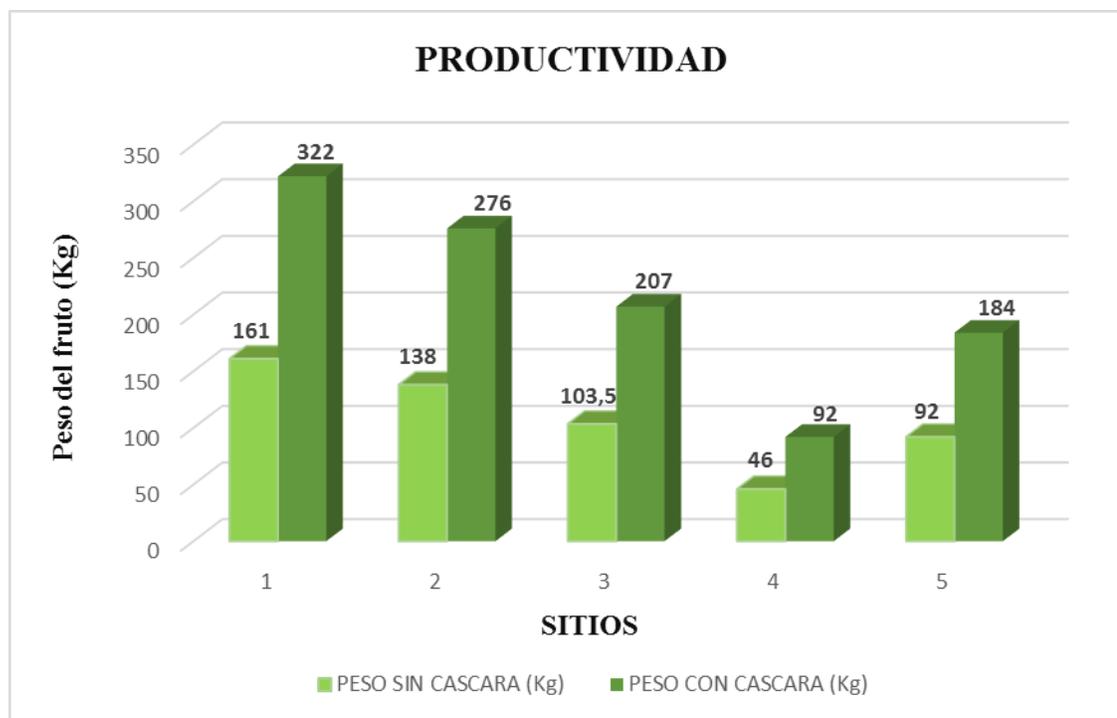
Gráfica N°14 Longitud de la raíz

Teniendo en cuenta la gráfica N°14 se puede observar un promedio de longitud de la raíz, en los sitios 2 con un valor de 71,9cm y sitio 3 con 75,1cm en el cual sus diámetros son mayores a 5mm, por ultimo tenemos en el sitio 5 con un valor de 63cm y sus

diámetros son inferiores al anterior. Se tiene una mayor longitud de raíces en el sitio 3 debido a que las propiedades físicas como ser en densidad aparente tienen valores bajos y presenta una buena infiltración lo cual no repercute en el crecimiento de raíces,

Esto implica que en los 3 sitios existe una conformidad para la adaptación y mejor deslizamiento de la raíz, se pudo observar una disponibilidad espacial y temporal de agua y las propiedades físicas son de mejor disposición a diferencia del sitio 5 y 3 de la cual se podría decir que implica en el retraso del crecimiento de las raíces y con un diámetro medio entre 2 – 5mm, se toma en cuenta la presencia de fosforo en este sitio el cual es menor y se observó una deficiencia en el desarrollo de la raíces con diámetros medianos.

4.4. RENDIMIENTO DEL NOGAL SERR



Gráfica N°15 Disponibilidad de la nuez

En la gráfica N° 15 observamos la comparación de los 5 sitios en la producción de nuez con cascara y sin cascara, al realizar la recolección de la nuez se observa que en el sitio 1, 2 y 3 presentar mayor peso de las nueces, debido a que se encuentran en mejores sitios de adaptabilidad del suelo, según los análisis de propiedades físicas y químicas, a diferencia de los sitios 4 y 5 donde es más bajo el rendimiento del producto y el mismo desarrollo de la planta.

Se tiene en cuenta que los sitios 1 y 2 son de mayor productividad, porque existe una buena retención de agua, la presencia de materia orgánica, teniendo en cuenta la penetración y desarrollo de la raíz, presencia de nitrógeno, lo cual se observó en las hojas y un follaje más grande y vultuoso y por último son suelos más livianos.

En el sitio 3 existe una producción menos a diferencia de los otros sitios, se observó una liviana presencia de materia orgánica y los árboles del nogal *serr* no eran bien desarrollados en su crecimiento vegetativo.

Por último, los de menor producción de nuez son los sitios 4 y 5, ya que existe en este sitio poca presencia de materia orgánica y nitrógeno. Los árboles son más pequeños no existe presencia de hojas y la infiltración es rápida existiendo mayor pedregosidad como ser en el caso del sitio 4 y una textura más arenosa.

Según el testimonio de don Osvaldo Tabera, la plantación fue plantada en el año 2007, a partir del año 2009 alcanzaba una producción de 2 a 3 bolsas quintaleras con los árboles de toda la parte de adelante entre el sitio 1 y sitio 2, después en los siguientes años empezaba a dar una buena producción de dichos árboles se sacaba alrededor de 2 arrobas entre 2 plantas, lo cual se llegaba a obtener de 6 a 7 bolsas quintaleras en la parte de adelante con frutos grandes, pero se observaba una diversidad entre los árboles de atrás los cuales empezaban a secarse y a no rendir ninguna producción

4.5. USO DEL NOGAL

Cuadro N° 9 Características del uso de la tierra

| SITIO | Disponibilidad de agua | Disponibilidad de raíces | Condición de drenaje | Preparación de tierra de manera mecanizada | Insumos | Asistencia técnica | Mercado | Superficie |
|-------|------------------------|--------------------------|----------------------|--|---------|--------------------|---------|------------|
| 1 | A | A | B | A | B | A | A | 0,0357ha |
| 2 | A | A | B | A | B | A | A | 0,0744ha |
| 3 | A | B | B | A | B | A | A | 0,2950ha |
| 4 | A | B | A | A | B | A | A | 0,0884ha |
| 5 | A | A | C | A | B | A | A | 0,0927ha |

| | |
|----------|---------|
| A | Buena |
| B | Mediana |
| C | Baja |

El sitio cuenta con buena disponibilidad en la evaluación indirecta sobre el estudio del suelo, vegetación y de una forma directa con la producción del nogal.

Pero se toma en cuenta un factor importante, que es el Productor, de acuerdo al cuadro de uso del nogal, se observó que existe el recurso de agua ya que en este sector todos los días se realiza un riego por turno en días de sequía, pero en días lluviosos y húmedos existe un riego libre, en la parte de la disponibilidad de las raíces de acuerdo al estudio planteado, se observó una buena penetración de raíz ya que los suelos son profundos y blandos, se logró una capacidad media de drenaje ya que en todos los sitios no contaban con una velocidad de infiltración rápida, en la parte de capacidad del suelo adquirimos buenos rangos de disponibilidad físicas más que todo en el sitio 1, 2, 3 y 5 en la parte de propiedades químicas en los sitios 4 y 5, existe escases de P y K, para dicha plantación se tomó en cuenta la preparación del terreno de una manera mecanizada primeramente trazando el método tresbolillos y usando maquinaria para hacer los hoyados, se realiza podas para que las plantas tengan un mejor desarrollo, crecimiento y una mejor entrada de luz, en la parte de insumos el dueño contaba con productos como ser el Dormex, Urea y Cal. Existía una asistencia técnica por el ingeniero Daroca el cual realizo dicha plantación en el terreno con plantas injertadas traídas desde Chile, por último el productor cuenta con una buena entrada económica para poder tener dicha plantación y poder mejorarla, dicho producto (nuez) 1kilo vendía a 50bs, tomando en cuenta que existía una baja productividad del fruto ya que no se realizaba cuidado, tratamiento y poda en el predio.

4.6. DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SITIO

En este cuadro se demuestra el resultado final, tanto de los valores físicos como los químicos y agentes externos del suelo de los 5 sitios analizados.

Cuadro N° 10 Matriz general con valores reales

| DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SITIO | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------------|------|-------------|-------------------------------|--------|-----------|---------|-------|-------------------|------------------------------------|-------|---------|------------|
| SITIOS | PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO | | | | | | PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO | | | | | | CARACTERISTICAS EXTERNAS DEL SUELO | | | |
| | M.O. % | N % | P ppm | K meq/100gr | pH | C.E mmho/cm | Textura | | | Da Kg/l | Po % | Infiltracion mm/h | Pen % | Roc % | Pedre % | P.e.s (cm) |
| | | | | | | | arena % | limo % | arcilla % | | | | | | | |
| 1 | 5,267 | 0,241 | 1,57 | 0,22 | 7,34 | 0,006 | 66 | 18 | 16 | 1,28 | 51,70 | 56 | 5 | 0 | 0 | 73 |
| 2 | 2,373 | 0,106 | 0,81 | 0,23 | 7,37 | 0,025 | 76 | 12 | 12 | 1,3 | 50,94 | 32 | 0,5 | 0 | 0 | 80 |
| 3 | 2,167 | 0,106 | 0,64 | 0,11 | 7,16 | 0,006 | 78 | 12 | 10 | 1,26 | 52,45 | 32 | 2 | 2 | 2 | 100 |
| 4 | 1,793 | 0,092 | 0,62 | 0,04 | 8,17 | 0,036 | 68 | 22 | 10 | 1,29 | 51,32 | 68 | 5 | 10 | 5 | 60 |
| 5 | 1,756 | 0,08 | 0,51 | 0,06 | 7,57 | 0,01 | 72 | 16 | 12 | 1,37 | 48,30 | 14 | 5 | 0 | 0 | 70 |

Fuente: Elaboración propia 2016

Materia orgánica
Nitrógeno
Fosforo
Potasio
Conductividad eléctrica

MO
N
P
k
CE

Densidad aparente
Porosidad
Pendiente
Roccosidad
Pedregosidad
Profundidad efectiva del suelo

Da
Po
Pen
Roc
Pedre
Pes

Cuadro N° 11 Matriz general

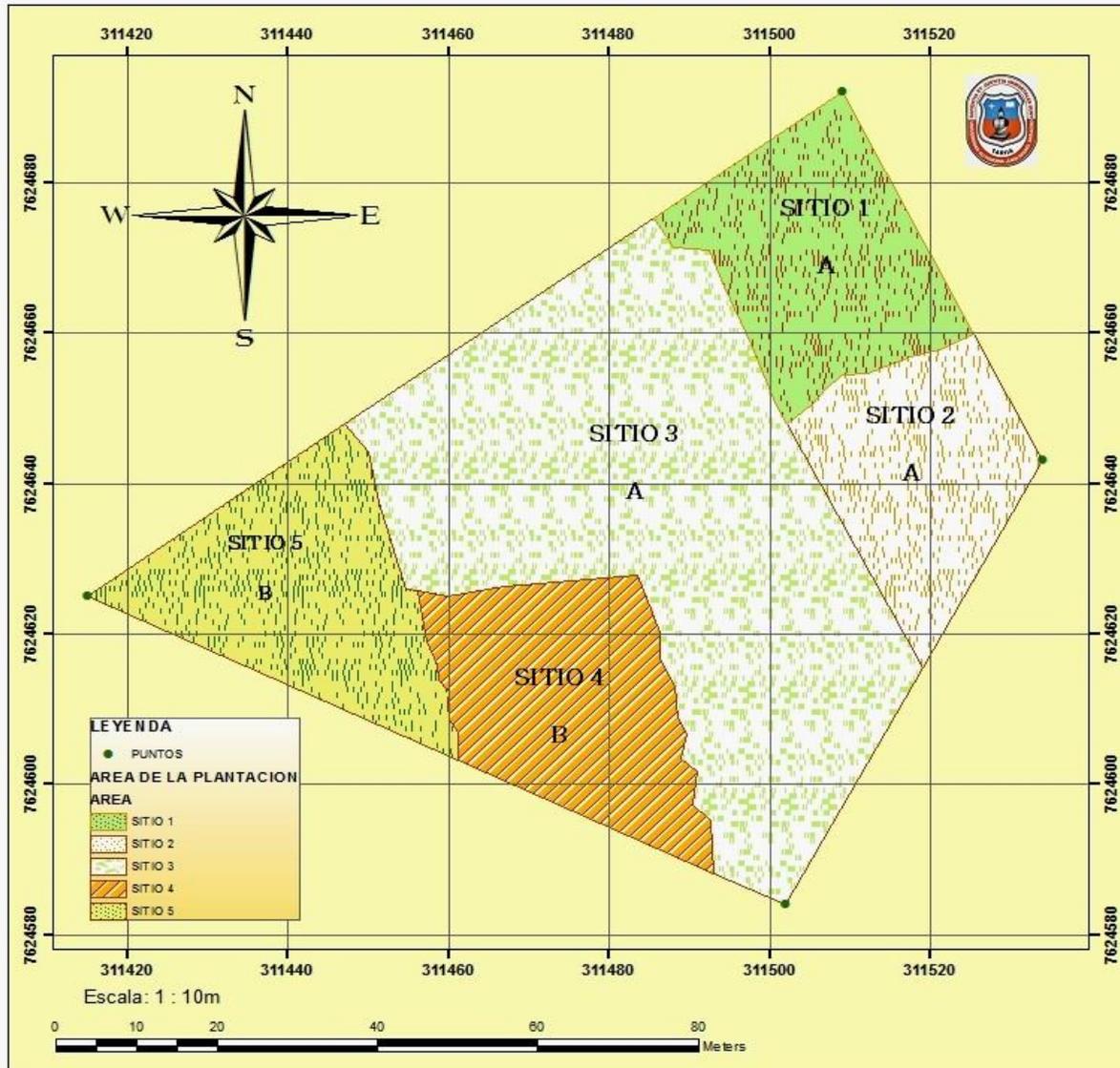
En este cuadro se determina la calidad de sitio de acuerdo a la comparación de matrices de los componentes físico-químicos y características externas del suelo de los cinco sitios, según las tablas de interpretación de calidad de sitio ver Anexo N°2.

| DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SITIO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|---|---|---|----|------|-------------------------------|--------|-----------|----|----|--------------|------------------------------------|-------|---------|------------|------------------|
| SITIO S | PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO | | | | | | PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO | | | | | | CARACTERISTICAS EXTERNAS DEL SUELO | | | | |
| | M.O. | N | P | K | pH | C.E. | TEXTURA | | | Da | Po | Infiltración | Pen % | Roc % | Pedre % | P.e.s (cm) | CALIDAD DE SITIO |
| | | | | | | | Arena % | Limo % | Arcilla % | | | | | | | | |
| 1 | A | A | C | B | A | A | A | B | C | B | B | B | A | A | A | B | C |
| 2 | B | A | C | B | A | A | A | B | C | B | B | B | A | A | A | B | C |
| 3 | B | A | C | C | A | A | A | B | C | B | B | B | A | A | B | A | C |
| 4 | B | B | C | C | B | A | A | B | C | B | B | C | A | B | B | B | C |
| 5 | B | B | C | C | A | A | A | B | C | B | B | B | A | A | B | B | C |

| CLASE | CATEGORIA |
|-------|-----------|
| A | Buena |
| B | Media |
| C | Mala |

Mapa N° 5 *Determinación de la calidad de sitio*

MAPA DE CLASIFICACION DE LA CALIDAD DE SITIO EN LA COMUNIDAD DE ERQUIS CEIBAL



| EVALUACION DE LA CALIDAD DE SITIO PARA EL RENDIMIENTO Y UNA MEJOR PRODUCTIVIDAD DEL Nogal serr INJERTADO EN LA COMUNIDAD DE ERQUIS CEIBAL | | |
|---|---------|--------------------------------|
| <p>Autor: Teresa Bejarano Martínez Carrera: Ingeniería Forestal</p> <p>Tarija - Bolivia 2016</p> | | |
| SITIOS | CALIDAD | DESCRIPCION |
| 1 | A | Apto para una mejor plantacion |
| 2 | A | Apto para una mejor plantacion |
| 3 | A | Apto para una mejor plantacion |
| 4 | B | Moderadamente apto |
| 5 | B | Moderadamente apto |
| SUPERFICIE | | |
| Area | 0,64 ha | |

Como se puede observar en el cuadro N° 11 matriz general se tiene una categoría C, obtenida mediante la Ley Mínimo.

El mapa N° 5 de clasificación de la calidad de sitio, se muestra los resultados obtenidos en los cinco sitios de estudio, teniendo en cuenta que alterando las propiedades químicas bajas de potasio y fosforo, aumentando sus valores nos indicarían que los primeros sitios 1-2-3 entran en la clasificación **A** lo cual indica que estos suelos son aptos para realizar un repoblamiento o plantación, para el caso de los dos últimos sitios 4-5 entran a la clasificación **B** moderadamente aptos, de las cuales se obtendrían buenos resultados.

4.7. EXIGENCIAS DEL NOGAL *Serr*

A continuación, observamos las exigencias que tiene el Nogal *serr*, comparadas con los resultados que se obtuvieron en la zona de estudio.

| Nogal <i>serr</i> - Exigencias | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|----------------|------------------------|-------------------------------|-----------|
| NITROGENO | FOSFORO | POTASIO | MATRIA ORGANICA | TEXTURA | PH |
| 2.5 - 3.25 | 0.12 - 0.3 | 1.2 - 3.0 | 0.7 - 1.0 | franca a franca arenosa | 5 a 8 |

| SITIOS | NITROGENO | FOSFORO | POTASIO | MATERIA ORGANICA | Textura | Ph |
|--------|-----------|---------|---------|------------------|----------------|------|
| 1 | 0,241 | 1,57 | 0,22 | 5,267 | Franco-Arenoso | 7,34 |
| 2 | 0,106 | 0,81 | 0,23 | 2,373 | Franco-Arenoso | 7,37 |
| 3 | 0,106 | 0,64 | 0,11 | 2,167 | Franco-Arenoso | 7,16 |
| 4 | 0,092 | 0,62 | 0,04 | 1,793 | Franco-Arenoso | 8,17 |
| 5 | 0,08 | 0,51 | 0,06 | 1,756 | Franco-Arenoso | 7,57 |

Teniendo en cuenta esta combinación se ve que la textura y pH coinciden con los valores ya que las plantas requieren suelos profundos bien drenados y de textura media que favorece un buen desarrollo radicular. El nogal es muy sensible a la falta de oxígeno, (asfixia radicular) a la salinidad del suelo y del agua de riego. Puede desarrollarse en un rango de pH de 5 a 8.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados sobre la calidad de sitio analizado en la comunidad de Erquis Ceibal se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- ❖ Lo que respecta a los sitios 5 y 3 se caracterizan los suelos por presentar una textura fina, en donde la capacidad de infiltración es más lenta, la cual ocasiona una reducción en el crecimiento de los árboles de Nogal *serr* por tratarse de suelos ligeramente pesados en donde existe un leve anegamiento de agua en las copas superficiales.
- ❖ Los sitios 1, 2, 3, 4 presentan mejores condiciones físicas puesto que se tiene mejor infiltración y medios niveles de densidad aparente por lo tanto se constituyen en suelos livianos en donde los flujos de materia y energía, lo cual favorece el crecimiento y desarrollo del Nogal *serr*.
- ❖ En el sitio 4 tenemos una falta de capacidad de retención de agua, presencia de suelos más livianos y fácil acceso para las raíces. Por otra parte, tenemos en cuenta los valores de coeficiente de determinación para el caso del sitio 5 el valor R^2 es menor, lo cual nos indica que estos suelos presentan problemas de infiltración, esto podría deberse a que estos sitios son suelos poco profundos, o también podría darse la ocasión de que este sitio ya se encontraba saturados por agua.

- ❖ Teniendo en cuenta los resultados de propiedades físicas de los sitios se muestra que la textura de estos suelos es franco-arenosa, con una densidad aparente media, lo cual indica que no es severo el grado de compactación y que la presencia de porosidad es alta lo cual nos indica que tiene una buena ventilación aportando de gran medida al desarrollo de la vegetación en general, a diferencia del sitio 4 que presenta una densidad aparente alta y escasas de porosidad.
- ❖ En cuanto se refiere a las propiedades químicas, estos son muy bajos, esto podría deberse a la baja concentración de materia orgánica que existe en especial en el sitio 3 y 4.
- ❖ En el caso del pH y la conductividad eléctrica se muestra que existe una presencia moderadamente alcalina en el sitio 3 y 1 a diferencia de los sitios 2, 4, 5 presentan un pH neutro, lo cual indica que estos sitios no tienen sales, resultando sitios adecuados para la especie del Nogal *serr.*
- ❖ Al tener en cuenta el tipo de textura que se tiene y el promedio que se llegó a obtener sobre la longitud de raíz es apto para que tengan una profundidad efectiva y un mejor desarrollo de las mismas.
- ❖ Es importante tener en cuenta la productividad de la nuez, se tiene que mejor producción tenemos en el sitio 1, 2 y 3 por presentar unos suelos aptos seguido del sitio 5, a diferencia del sitio 4 donde se ve una pérdida de producción de nueces en el cual sus suelos son moderadamente aptos.
- ❖ Al realizar el estudio se observó que no existía un buen manejo del cultivo, como ser la falta de poda y un riego favorable, al no realizar un mantenimiento se tiene pérdidas

en la producción de la nuez, se realizó una limpieza en la zona de estudio sacando malezas, en el estado de la sanidad solo se pudo observar la presencia de Actracnosis y Phytophthora del nogal que se vio en poca cantidad en las hojas y se tiene en cuenta la aplicación de la cianamida de hidrogeno (nombre comercial Dormex), lo cual sirve para inducir as horas fríos que a veces falta.

6.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda que para los sitios de mayor compactación realizar labores de mejoramiento de suelo como la incorporación de abonos verdes para mejorar la estructura de suelo.
- ❖ Si un suelo tiende a permitir el paso del agua con facilidad, la infiltración será máxima. Es importante tener en cuenta un tipo de riego para poder acumular agua para las plantas.
- ❖ Es importante recomendar acerca de los elementos químicos del suelo, poder realizar un manejo de fertilización, ya que estos no se encuentran en buenos niveles.
- ❖ Es beneficioso realizar una sustitución de plantas muertas por nuevas, así mismo incrementar en sitios desnudos dentro de la plantación.
- ❖ Se recomienda hacer un análisis de calidad de sitio y socioeconómico, cada vez que se coseche un cultivo nuevo o se quiera mejorar una plantación, ya que el suelo pierde sus nutrientes.