

1. INTRODUCCIÓN

Los sustratos son el medio que soportan a las plantas y que les proporcionan las sustancias nutritivas que requieren. En condiciones naturales el sustrato puede ser el mismo suelo o el agua, sin embargo en vivero, el sustrato para la germinación está compuesto por combinaciones de diversos materiales como tierra, cascarilla turba, arena, entre otros, los cuales difieren mucho entre sí por las propiedades físicas y químicas que poseen. Cada componente que se le adiciona a un sustrato tiene ciertas propiedades que inciden directamente en la germinación, de esta manera, mediante la combinación apropiada de materiales se puede obtener un medio que le proporciona a la semilla buenas condiciones de humedad y aireación logrando una germinación lo más homogénea posible. (García, 2014).

Con el fin de producir especies nativas con un rápido crecimiento y elevada producción para minimizar gastos económicos en vivero se empleó el sedimento y/o lodo residual como factor principal en estudio.

Los lodos o fangos vienen a ser aquellos subproductos resultantes de los procesos de tratamiento de las estaciones depuradoras de aguas residuales. Son de gran importancia ya sea por el volumen obtenido y que se incrementa con el aumento de la población, así como por ser una fuente potencial de la materia orgánica, energía, pero si no se le da el adecuado manejo será un grave problema. (Torres, 2008).

Por lo tanto en el municipio de Villa Montes, se cuentan con las piscinas de aguas residuales las cuales son tratadas por la “Entidad Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado” (EPSA) para el proceso de reutilización de estas aguas, además de generar el sedimento llamado lodo residual de estas aguas tratadas.

En la presente investigación se pretenderá encontrar el mejor sustrato para la producción de algarrobo blanco en tubetes a nivel de vivero utilizando como testigo, tierra negra (tierra vegetal), cascarilla de girasol, gallinaza, y lodo residual (sedimento de las piscinas de aguas residuales) del municipio de Villa Montes.

La recuperación de los algarrobos como recurso para su aprovechamiento y conservación, implica entre otras actividades llevar a cabo planes de reforestación y enriquecimiento de los bosques nativos remanentes. En ese caso se hace necesario contar con semillas de buena calidad y adaptadas a cada zona, que resulte apropiada para los fines que se persiguen con dicha plantación, como así también contar con la tecnología necesaria para afrontar estos emprendimientos. Por esta razón es importante y necesario el desarrollo de programas de producción y plantación de especies forestales nativas. (Dante B, 2000)

1.1. JUSTIFICACIÓN

La producción de plántones en vivero, a veces pueden ser tardías por diferentes motivos o problemas. La necesidad de obtener rápidamente plántones de buena calidad, fuertes y resistentes para las plantaciones de reforestación es evidente por lo cual se buscan maneras de lograr estos resultados lo más rápido posible.

Uno de ellos es mediante la utilización de buenos sustratos que se emplean en los viveros. Normalmente se utilizan los que cuentan con alto contenido de materia orgánica y un buen pH, además de los macronutrientes como ser Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K), el lodo residual es uno de ellos lo cual se pretenderá demostrar en la producción de Algarrobo blanco (*Prosopis alba griseb*) en vivero.

Se utilizaron estos diferentes sustratos por la razón de impulsar la utilización de los mismos ya que son comunes en la zona, fácil de conseguirlos además de ser económicos.

Debido a la falta de información que se tiene acerca del lodo residual en la utilización como abono orgánico en la preparación de sustrato para la producción de algarrobo blanco, es necesario hacer este ensayo cuyos resultados permitirán validar la hipótesis que este tipo de sustratos es potencial a la hora de la producción de plántones forestales, con lo cual se podrían generar alternativas para la reutilización de este lodo que se genera a consecuencia del proceso de recolección de aguas residuales en la ciudad de Villa Montes.

1.2. HIPÓTESIS

El sustrato que se constituye de tierra vegetal mezclado con sedimentos de aguas residuales o lodo residual, se constató que es bastante óptimo en la producción de plantones de algarrobo blanco (*prosopis alba griseb*).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1.OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de sustratos óptimos en la producción y desarrollo de algarrobo blanco (*Prosopis alba griseb*) empleando tubetes como macetas de cría, en el vivero municipal de Villa Montes.

1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el porcentaje de germinación y sobrevivencia de los plantones en vivero.
- Realizar un análisis químico-físico de los sustratos utilizados en la producción de plantones de algarrobo blanco (*prosopis alba griseb*).
- Determinar el índice de esbeltez a través de mediciones dasométricas de diámetro y altura, que nos permitan obtener plantones de buena calidad aptos para su implantación.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE ALGARROBO BLANCO *Prosopis Alba* *Griseb*

FIGURA N° 1: Algarrobo blanco (*Prosopis alba*
griseb)



FUENTE: Elaboración propia

2.1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Es un árbol de ramas retorcidas, delgadas largas y péndulas, con follaje fino. Las espinas, geminadas, axilares, de 1 a 4 cm de longitud, no son muy abundantes. La copa redondeada, extendida de hasta 15 m de diámetro. La altura total varía de 5 a 15 m con diámetro de fuste de hasta 1,5 m. *P. alba* alcanza una altura entre 9,5 m y 12,3 m en Formosa. (Burkart, 1976).

Se trata de un árbol ornamental urbano y de cortina rompe viento. Su madera, densa (densidad = 0,76), es difícil de trabajar, usada para puertas y pisos, parquet, partes de

zapatos, cascos de vino. La madera responde bien al secado, valiosa donde se requiera mantener dimensiones estables a prueba de humedad. Es excelente para uso exterior.

Las hojas pinnadas del algarrobo son muy cercanas entre sí. Dos a tres hojas bipinnadas nacen en cada nudo del tallo. Cada pinna contiene de 25 a 40 o más pares de folíolos, que son glabros y erectos pero en la base algo asimétricos. En el invierno el árbol pierde hojas, pero nunca es deshojado completamente.

Flor: pequeña, blanco verdosa o amarillenta, hermafrodita. La polinización, mediante viento e insectos, es alógama (cruzada), donde los órganos reproductores femeninos se ponen activos antes que los masculinos.

Fruto: es una vaina indehiscente que contiene las semillas lisas, elipsoides, comprimidas lateralmente y de color castaño; tiene 20 cm de largo, con semillas pardas de 7 mm de largo, que se encuentran rodeadas por la pulpa, una pasta dulce (patay), muy rica en calorías, consumida directamente para forraje o convertida en harina para consumo humano.

Fenología: la época de la floración es de agosto a septiembre. Numerosas inflorescencias amarillentas colgadas que son racimos espiciformes, aparecen al mismo tiempo que las nuevas hojas de color verde vivo. Las flores pueden ser polinizadas tanto por el viento como por insectos.

Hábitat: quebrachales, algarrobales, palmares; especie pionera, prefiere suelos sueltos, bien drenados y profundos y lugares libres de pastoreo. (August Heinrich Rudolf Grisebach 1874)

2.1.2. TAXONOMÍA

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Mimosoideae
Género:	<i>Prosopis</i>
Especie:	<i>P. alba griseb</i>

2.1.3. DISTRIBUCIÓN

Esta especie arbórea de gran porte tiene como límite de distribución sur en Argentina, la provincia de Córdoba en su región Centro Norte, y se extiende hacia el Norte del país, ocupando también parte del Chaco paraguayo y boliviano, hasta Ecuador. También ha sido mencionada para Chile y Perú. Es considerada la especie de mayor porte y mejor madera dentro del Género. (Galera, 1992).

En Bolivia, crece en forma natural en la asociación edáfica húmeda del Bosque Seco Templado, en los valles áridos del interior andino, pie de monte y llanura chaqueña, en los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija. (Lara Rico, 1997).

2.1.4. ASOCIACIÓN NATURAL

A los Algarrobos blancos se los encuentra en zonas de 500 a 1200 mm de precipitaciones, con temperaturas que van desde los 48 °C de máxima absoluta, hasta los -10 °C de mínima absoluta, donde las lluvias se producen en la época estival. Se desarrollan en distintos tipos de suelos, especialmente en los franco arenosos. Tolera bajos niveles de salinidad. Soporta anegamientos temporales de 1 a 2 meses. Habitan en zonas serranas sobre suelos con cierta pedregosidad o aluvionales hasta los 1000 msnm. (Galera, 1992).

Crecen mejor en arenas permeables, pero a veces se los encuentra en arcillas, arenas arcillosas y aun en suelos salinos. Son muy resistentes a la sequía, crecen en áreas climáticas secas. No resisten las heladas prolongadas.

En las zonas donde las precipitaciones varían entre 500 y 600 mm, se comporta como freatófito, encontrándose preferentemente a orillas de cañadas y ciénagas o a lo largo de ríos y arroyos. Alcanzan el mayor crecimiento donde las napas freáticas se encuentran hasta 15 m de profundidad. (Galera, 1992).

2.1.5. SILVICULTURA

La época de plantación se relaciona fundamentalmente con la distribución de las precipitaciones anuales. En la región del Chaco Árido, la época de plantación se extiende desde el final del verano hasta principio del otoño, cuando las temperaturas comienzan a descender y hay suficiente agua acumulada en el suelo. (Navall M. y Senilliani M. G, 2004)

2.1.6. EDAD DE FRUCTIFICACIÓN

Los árboles de algarrobo blanco inician su fructificación en una etapa relativamente temprana, a los 3 años, durante los primeros años la semilla producida tiene un porcentaje elevado de esterilidad, razón por la cual no se recomienda recolectar semilla de árboles jóvenes. (INTA, 2005)

2.1.7. ÁRBOL SEMILLERO

Las características que conforman a un árbol semillero son, ser añosos o adultos, pertenecer a una de las especies puras, que constituyan parte de un rodal, poseer características deseables, estar adaptados a la zona, ser sanos, pertenecer a la clase dominante. (INTA, 2005).

Es posible obtener la semilla a partir de la cosecha de una fuente semillera y árboles seleccionados a campo utilizando una serie de criterios para su elección, es decir, una fuente de árboles semilleros. Se aconseja contar para la producción con una mezcla de semilla proveniente de por lo menos 10 árboles semilleros. De esta manera se garantiza

tener un mínimo de diversidad en la semilla que contribuye a un mayor poder de adaptación de la futura plantación al sitio, en un ambiente adverso y a la vez fluctuante. (INTA, 2005).

2.1.8. RECOLECCIÓN DE FRUTOS

La cosecha o recolección de los frutos de los árboles semilleros se debe realizar cuando la vaina está madura, momento en el cual la semilla ha terminado de desarrollarse. Es posible saber si el fruto está maduro y la semilla lista para cosechar porque al agitar el fruto se puede escuchar el ruido de las semillas que se han desprendido de las paredes de la vaina. Es conveniente cosechar los frutos directamente del árbol y colocarlos en bolsas que permitan su aireación. Sin embargo hay veces que al momento de la cosecha las vainas ya se encuentran en el suelo. En este caso solo se deben cosechar los frutos de los cuales se esté seguro que pertenecen al árbol semillero. Conviene recogerlos lo antes posible para evitar que la semilla sea dañada por los insectos y con cuidado de no juntar hojas, ramas y otras impurezas. (INTA, 2005)

2.1.9. OBTENCIÓN DE LA SEMILLA

Como los frutos son indehiscentes, la extracción de las semillas se realiza manualmente, eliminando las 3 cubiertas que rodean a la semilla. La primera, exocarpo, es una cubierta coriácea que puede eliminarse manualmente. La segunda, mesocarpo, es una cubierta dulce y pegajosa, ésta se elimina lavando las vainas en agua, se ponen en cubetas con agua y se restriegan manualmente, hasta que solamente quede la tercera capa que envuelve las semillas. Posteriormente se ponen a secar al sol de 3 a 5 días, durante 5 a 6 horas. Una vez secas la tercera capa, endocarpo, se desprende con la ayuda de unas pinzas. (INTA, 2005)

2.1.10. CLASIFICACIÓN DE LA SEMILLA

El tipo de semilla del algarrobo es ortodoxa, tiene alrededor de 8,000 a 24,500 semillas por Kg, con un peso por semilla de 0.033 ± 0.005 g. (INTA, 2005)

2.1.11. SELECCIÓN DE LA SEMILLA

La selección se realiza manualmente, desechando los restos de los frutos y las semillas con orificios y coloraciones anormales. Una vez limpias se ponen en bolsas de papel y a la sombra para que las semillas terminen de secarse, entre 15 y 30 días. (INTA, 2005)

Debido a que este proceso es en cierta parte difícil, se puede utilizar morteros de madera para separar las semillas de las vainas, como lo hacen en Sudán. O a su vez se puede sembrar con los pedazos de vaina todavía adheridos. (INTA, 2005)

2.1.12. ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN.

Las semillas de algarrobo blanco con alto grado de pureza son almacenadas en frascos de plásticos con tapa a rosca y conservadas a baja temperatura y contenido de humedad, en freezer. (INTA, 2005).

2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE SEMILLAS FORESTALES

2.2.1. CALIDAD DE SEMILLAS

La información confiable sobre la calidad de la semilla es de gran importancia para operaciones tales como: la planeación de la recolección, procedimientos para el procesamiento, monitoreo de la calidad del producto, comercialización, almacenamiento y siembra. Por tanto, se necesitan métodos de análisis confiables y estandarizados para asegurar resultados uniformes y replicables. (Fisiología Vegetal, Universidad Nacional del Sur de Bahía Blanca, 1994).

En el análisis de semillas forestales, las pruebas mínimas incluyen contenido de humedad, pureza, peso de semilla y porcentaje de germinación, ya que esta información será requerida por el usuario. (Fisiología Vegetal, Universidad Nacional del Sur de Bahía Blanca, 1994).

2.2.2. PUREZA DE LA SEMILLA

Para medir el grado de limpieza de la semilla, la semilla pura se separa de la impura, y luego se pesan por separado. La semilla se considera pura si aparece normal en cuanto

a su tamaño, forma y aspectos general externos, inversamente se considera como impureza la semilla que es demasiado pequeña, que ha sido parcialmente comida por los insectos o pone en evidencia manchas producidas por los hongos. Una semilla muestra para un ensayo de pureza puede consistir de 100 a 1000 semillas.

Un porcentaje de pureza se calcula así:

$$\% \text{ Pureza} = \frac{\text{Peso de semilla pura}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Si bien un ensayo de pureza es sencillo, puede no ser tan exacto para evaluar calidades como por medios de otros ensayos. Uno de los problemas que se enfrentan al ejecutar un ensayo de pureza es la subjetividad en separar la semilla pura de la impura. (Fisiología Vegetal, Universidad Nacional del Sur de Bahía Blanca, 1994).

2.2.3. PESO DE LAS SEMILLAS

Su objetivo es determinar el peso de 1000 semillas. Esto permite el cálculo del número de semillas por kg. Lo cual es una información muy importante en las operaciones del vivero y para determinar el rendimiento de las plantas. Además el peso de la semilla esta positivamente relacionado con calidad de semilla.

El peso de 1000 semillas puras puede convertirse en semillas por gramo o por kilogramo de la manera siguiente:

$$\text{Numero de semilla por gramo} = \frac{1000}{\text{peso en gramo de 1000 semillas}}$$

O también puede ser:

$$\text{Numero de semillas por kilogramos} = \frac{1000*1000}{\text{peso en gramos de 1000 semillas}}$$

Si la muestra que se cuenta no tiene 1000 semillas, sino otro número, la fórmula adecuada es la siguiente:

$$\text{Numero de semillas por gramo} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas que contiene la muestra}}{\text{peso de la muestra en gramos}}$$

O también puede ser:

$$\text{Numero de semillas por kilogramo} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas que contienen la muestra} * 100}{\text{peso de la muestra en gramos}}$$

2.2.4. PRUEBA DE GERMINACIÓN

El objetivo principal de la prueba de germinación es establecer el número máximo de semillas que puedan germinar bajo condiciones óptimas de luz, humedad y temperatura. El uso de condiciones ideales estandarizadas en el laboratorio tal como lo prescribe ISTA asegura que:

Las diferencias entre los resultados se pueden adscribir a diferencias reales entre muestras de semillas y no a diferentes métodos de análisis.

Los resultados obtenidos para un determinado lote de semillas en un laboratorio deben ser idénticos a los obtenidos en cualquier otro. Esto es, que los resultados deben ser reproducibles. (Fisiología Vegetal, Universidad Nacional del Sur de Bahía Blanca, 1994).

La capacidad de germinación determinada así no es igual a la germinación en el vivero o el campo, pero en la mayoría de los casos las dos cifras están estrechamente relacionadas. En esta forma el viverista gradualmente estará en capacidad de pronosticar el desempeño del vivero basado en la germinación de laboratorio.

Una serie de pruebas de calidad están disponibles para determinar la habilidad de las semillas para resistir los diversos factores de estrés en el vivero (Poulsen, 1993)

2.2.5. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

El análisis de germinación tiene como objetivo fundamental conocer la capacidad germinativa de la semilla, sirviendo además para comprar este valor, en porcentaje, de diferentes lotes en una misma especie. En este análisis se controlan algunas o todas las condiciones externas, tratando de obtener una germinación regular y completa, para conocer el porcentaje de germinación se aplica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Germinación} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de semillas germinadas}}{\text{N}^\circ \text{ total de semillas ensayadas}} * 100$$

2.2.6. ENERGÍA GERMINATIVA

Representa la viabilidad del lote de semillas, se expresa en velocidad o habitualmente en porcentaje, realizando un conteo en la mitad o en las tres cuartas partes del tiempo establecido para realizar el conteo del poder germinativo. Da una idea de que tan parejo es un lote. Es de gran utilidad a campo ya que los lotes lentos y desparejos tienen menos chances de producir stands satisfactorios en condiciones naturales. Nunca los valores de energía germinativa o vigor pueden superar el de % de germinación (Fisiología Vegetal, Universidad Nacional del Sur de Bahía Blanca, 1994).

2.2.7. CAPACIDAD GERMINATIVA

Es la cantidad de semillas germinadas en un ensayo, más la cantidad que queda por germinar, pero que aún son sanas al final de la prueba. (Fisiología Vegetal, Universidad Nacional del Sur de Bahía Blanca, 1994).

2.2.8. VALOR CULTURAL DE LA SEMILLA

El valor cultural es un indicador de la calidad de la semilla, lo que indica es la cantidad de semilla pura viva presente, esto quiere decir, la cantidad de semilla con una alta probabilidad de germinación siempre y cuando existan las condiciones de clima y suelo ideales. (Lobo Di Palma, MBA.)

El VC se calcula multiplicando el porcentaje de pureza por el porcentaje de germinación. Si un lote tiene un 90 % de pureza y un 70% de germinación, su $VC = (90 \times 70) / 100 = 63\%$. (Lobo Di Palma, MBA.)

2.2.9. VIGOR DE SEMILLA

El vigor de un lote de semillas se define como el conjunto de propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de las semillas durante la germinación y posterior emergencia de las plántulas. Las semillas con buen comportamiento se consideran semillas de alto vigor. (Coronado, 2000)

2.3. GENERALIDADES DE LOS VIVEROS

El vivero forestal constituye, en los planes de reforestación un eslabón importante, pues en él se cultivan las especies de las futuras plantaciones y es por ello que se le debe

prestar atención con el objetivo de obtener una planta de buena calidad (AGRINFOR, 2003), siendo la función principal del vivero.

2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS VIVEROS

Una de las formas de clasificar a los viveros se refiere a la duración o temporalidad de los mismos, separándose en permanente o temporal. Los viveros permanentes se proyectan con la intención que tenga una duración ilimitada, es una característica de un vivero comercial, como tal puede ofrecer una gran variedad de especies. En cambio, un vivero temporal se establece para abastecer de planta exclusivamente a un área de reforestación, el tamaño es determinado de acuerdo al área a reforestar y una vez terminado el proyecto, se abandona el vivero. Generalmente en los viveros temporales se producen pocas especies de plantas. (AGRINFOR, 2003),

Otra forma de clasificar los viveros es en función del sistema o tecnología utilizada para la producción de plántulas: En envase, a raíz desnuda o mixta.

Como requerimientos mínimos, cada vivero debe tener suficiente área, un clima y un suelo apropiado, facilidades de transportación, disponibilidad de agua, disponibilidad de fuerza de trabajo, la topografía. Se debe considerar la localización, tamaño y forma. (AGRINFOR, 2003).

2.4.1. PRODUCCIÓN DE PLANTÓN EN TUBETES

Es un cono plástico de color negro, de 14.5 cm de largo y con un orificio superior de 3 cm de diámetro y otro en la parte inferior de 1.5cm de diámetro. En este cono la planta se desarrolla suspendida sobre el suelo utilizando una estructura plástica como soporte (bandejas) o estructuras metálicas en forma de camas (mallas), de modo que se produce la poda de raíces por luz y aire.

Esta tecnología de tubetes también se aplica en la producción de plantas ornamentales y frutales.

La principal ventaja de esta tecnología es que garantizan una perfecta formación de las raíces de los plantones.

El principal problema de sembrar en bolsas de polietileno es que se tiende a mantener la planta en el vivero por más tiempo, hasta que quede bien desarrollada en la bolsa, pero sin daño en la raíz pero provoca que las raíces de los plantones se enrollen. Esto significa que cada bolsa tiene un volumen y peso bastante significativo, lo que hace la labor de trasplante en zonas poco accesibles mucho más complicada. Una modificación a esto ha sido la producción en tubetes o conos que están dotados de una ranura que permite que éstas se desarrollen en forma radicular (hacia abajo) y mejor distribuidas. “Al exponerse la raíz a la luz y al aire al salir por la parte inferior se produce una poda natural, llamada foto poda”.

Las bondades de este sistema de vivero es su amigabilidad con el ambiente, ya que propicia un menor uso de sustrato y evita los residuos plásticos en el campo. (Coronado, 2000)

2.4.2. VENTAJAS DEL TUBETE

Según (Coronado 2000), cita las siguientes ventajas:

- Aumenta la eficiencia de la mano de obra en las labores de llenado de los tubetes, siembra, riego, y por estar concentrado en poco espacio en el vivero, facilita su supervisión.
- Reduce la cantidad de insumos (fertilizantes, insecticidas, etc.).
- Reduce costos de transporte del vivero a lugares de reforestación.
- Reduce contaminación en el campo, ya que no quedan residuos, además de que no se llevan plantas contaminadas con nematodos.
- El área necesaria para los viveros en tubetes es menor que para vivero en bolsa.
- La inversión en la compra de tubete se ve justificada con la oportunidad de usarlo varias veces, en cambio la bolsa tradicional debe botarse.

2.5. SUSTRATO, GENERALIDADES Y SUS PROPIEDADES

2.5.1. SUSTRATOS

(Según García, 2006); puede asegurarse, sin exageración, que el principal factor del que depende el éxito de un cultivo en contenedor es la calidad del sustrato elegido y la

finalidad más importante de un sustrato es producir una planta de alta calidad en un tiempo menor, a bajo costo.

(Según Calderón, 2006); el término sustrato, que se aplica en agricultura, se refiere a todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo a las plantas, permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno.

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (INFOAGRO, 2010).

2.5.2. LAS PROPIEDADES FÍSICAS

(Según Nuez, 2001); las propiedades físicas de los medios de cultivo son de primerísima importancia. Una vez que el medio esté en el contenedor, y la planta esté creciendo en él, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho medio.

Generalmente suele darse más importancia a las propiedades físicas de los sustratos, ya que una vez seleccionada una mezcla como medio de cultivo, apenas puede modificarse su estructura física, a diferencia de su composición química, que puede ser alterada durante el desarrollo de la planta, mediante el riego y el abonado.

Las propiedades físicas más importantes que permiten evaluar la capacidad de un material como sustrato, o comparar diferentes materiales, son: - Distribución del tamaño de partículas o granulometría - Porosidad, y su reparto entre las fases líquida y gaseosa, es decir: capacidad de retención de agua y porosidad de aire. Las características físicas de un sustrato que, generalmente son consideradas en un análisis de rutina, son densidad aparente, porosidad y curva de retención de agua.

(Según García, 2006); sugiere los valores “ideales” para un sustrato (como porcentaje del volumen total): el total de espacio poroso (PT) sería 85 %; porosidad del aire (PAI)

10-30 %; agua fácilmente disponible (AFD) 20-30 %; y capacidad buffer del agua (agua de reserva) (AR) 4-10 %.

2.5.3. LAS PROPIEDADES QUÍMICAS

Las propiedades químicas son importantes porque influyen en la disponibilidad de nutrientes, humedad u otros compuestos para la plántula. (Quiroz et al, 2009).

También influyen en el suministro de nutrientes a través de la Capacidad de Intercambio Catiónico, la cual depende a su vez, en gran medida de la acidez del sustrato (Ansorena, 1994; citado por Littleton, 2,000).

Entre las características químicas de los sustratos destacan: Fertilidad, Capacidad de Intercambio Catiónico, pH, capacidad tampón, Relación C/N. La fertilidad depende en la cantidad de nutrientes en el sustrato. Los nutrientes básicos que la plántula requiere en gran cantidad son Nitrógeno, Fosforo, y Potasio. La capacidad de intercambio catiónico (CIC), es uno de los atributos más importantes relacionados con la fertilidad del medio de crecimiento, y se define como la capacidad del medio o sustrato para adsorber iones cargados positivamente o cationes (Quiroz et al, 2009). Una de las propiedades a considerar para un sustrato es el PH, debido a su importancia en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Para la producción de plántulas en viveros y en contenedores se recomienda mantener un pH dentro del intervalo de 5.5, ligeramente ácido, a 6.5 (Landiset al, 1990); Cuando el sustrato es muy ácido (pH < 5,0) o alcalino (pH >7,5) suelen aparecer síntomas de deficiencia de nutrientes, no debidos a su escasez en el medio de crecimiento sino por hallarse en formas químicas no disponibles para la planta (Valenzuela & Gallardo, 2005).

2.5.4. LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS

Las propiedades biológicas se refieren a las propiedades dadas por los materiales orgánicos. Estas propiedades evalúan la estabilidad biológica del material, así como la presencia de componentes que pueden actuar como estimuladores o inhibidores del crecimiento vegetal (Terés, 2001).

Uno de las características biológicas a considerar es la velocidad de descomposición del material, en especial a todos aquellos sustratos orgánicos, dado a que todos los

sustratos orgánicos son susceptibles de degradación biológicas, siendo la población microbiana la responsable de dicho proceso.

2.5.5. CASCARILLA DE GIRASOL

La cascarilla de girasol está compuesta por las cubiertas externas de la semilla y es el subproducto del proceso de descascarillado para la obtención de ingredientes de mayor valor nutritivo para piensos concentrados o consumo humano.

Su composición presenta una cierta variabilidad en función principalmente de la cantidad de endospermo que permanece adherida a la cascarilla.

Abono: las cáscaras de girasol utilizadas como abono pueden mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo (Agroseller S.R.L. 2014)

2.5.6. GALLINAZA

La gallinaza es excreta de aves ponedoras, en etapas de producción, son las mezcladas con otros materiales. [\(2002\)](http://www.mag.go.cr).

Pollinaza; excretas de aves de engorde u otras aves en etapas de cría o desarrollo, solas o mezcladas con otros materiales.

La gallinaza se utiliza tradicionalmente como abono, su composición depende principalmente de la dieta y del sistema de alojamiento de las aves. La gallinaza obtenida de explotaciones en piso, se compone de una mezcla de deyecciones y de un material absorbente que puede ser viruta, pasto seco, cascarilla, entre otros y este material se conoce con el nombre de cama; esta mezcla permanece en el galpón durante todo el ciclo productivo [\(2005\)](http://redalyc.uaemex.mx/pdf/695/69520108.pdf).

2.5.7. LODO RESIDUAL

Existen múltiples definiciones del compostaje, aunque muchas de ellas incompletas según (Soliva y Huerta, 2004)

- Proceso biológico controlado de transformación y valorización de sustratos orgánicos en un producto estabilizado, higienizado, parecido a tierra vegetal y rico en sustancias húmicas.
- Descomposición biológica y estabilización de sustratos orgánicos en las condiciones que permiten el desarrollo de temperaturas termófilas, resultado de

una generación de energía calorífica de origen biológico, de la que se obtiene un producto final suficientemente estable para el almacenamiento la utilización en los suelos sin impactos negativos sobre el entorno.

- Técnica de estabilización y tratamiento de RO biodegradables, dirigida con prioridad a los sólidos y semisólidos; destruye, por temperatura, gérmenes y parásitos vectores de enfermedades y semillas de malas hierbas.

2.6. INDICADORES DE CALIDAD DE PLANTON

Las plantas utilizadas en actividades de forestación no solo deben poseer un origen genético acorde al objetivo de la plantación y las condiciones del sitio en que serán establecidas, también deben cumplir con condiciones mínimas de calidad, entendida ésta como el conjunto de atributos que permitan garantizar su capacidad para establecerse y crecer exitosamente en terreno

Exceptuando las características genéticas, que quedan determinadas al momento de seleccionar la semilla, la calidad de las plantas está determinada en gran medida por su cultivo en vivero. Efectivamente, los atributos morfológicos, fisiológicos y sanitarios que condicionan la calidad de las plantas pueden ser manipulados durante la viverización, de modo que esta fase resulta fundamental para obtener plantas que exhiban un satisfactorio desempeño en terreno. (Aguiar y Mello, 1974).

La experiencia señala que las plantas con distintos atributos morfológicos y fisiológicos tienen diferentes comportamientos según los factores limitantes que el sitio presente (Escobar, 1990).

En la selección de los plantones se debe tener cuidado la sanidad, conformación, eliminando aquellos plantones que están enfermos, mal formados, torcidos, con ramificaciones, sin yema terminal, con ataque de plagas, dejando seleccionados para su transporte a campo definitivo, por lo que la calidad de los plantones es un punto determinante para establecer con éxito una plantación en campo definitivo. (Vivero forestal para producción de plantones de especies forestales nativas: experiencia en Molinopampa, Amazonas – Perú. 2014)

2.6.1. ÍNDICE DE ESBELTEZ

Uno de los factores principales que influyen en el establecimiento y desempeño inicial de las plantaciones forestales es la calidad de la planta, este término se define como la capacidad que tienen los individuos para adaptarse y desarrollarse en las condiciones climáticas y edáficas del sitio donde se establecen.

La Razón Altura/Diámetro, o Índice de Esbeltez (IE), es el cociente o razón entre la altura (cm) y el DAC (mm) (ALT/DAC). Este índice relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma.

Valores entre 5 y 10 indican una mejor calidad de planta, valores sobre 10, indican una planta muy alta, respecto al DAC, por su parte valores menores a 5, indican una planta de poca altura respecto al DAC. (Torral, 1997).

2.6.2. DIÁMETRO DE CUELLO (DAC)

El diámetro a la altura de cuello es un indicador de la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa de tolerar altas temperaturas de la planta. Esta variable se expresa generalmente en milímetros (mm). (Arnold, 1996)

2.6.3. ALTURA

La variable altura se relaciona con su capacidad fotosintética y su superficie de transpiración. Las plantas más altas pueden lidiar mejor con la vegetación competidora, aunque esto implica una buena salud fisiológica y un sistema radicular adecuado. Esta variable se expresa generalmente en centímetros (cm). (Arnold, 1996).

2.6.4. RAZÓN TALLO/RAÍZ (T/R)

La Razón Tallo/Raíz, o Índice Tallo/Raíz (ITR), se define como la razón entre el peso seco de la parte aérea (tallo y hojas) y el peso de la raíz. Determina el balance entre la superficie transpirante y la superficie absorbente de la planta. En general se exige que, lavada la planta y seca, el peso de la parte aérea no llegue a doblar al de la raíz, (Montoya y Cámara, 1996). Generalmente, mientras más estrecha es la relación tallo/raíz (cercana a 1), mayor es la posibilidad de supervivencia en sitios secos.

2.6.5. VOLUMEN DE RAÍZ

El volumen de raíz esta dado fundamentalmente por el número de raíces laterales, la fibrosidad y la longitud del sistema radicular. Un mayor número de raíces laterales y una mayor longitud de estas y de la raíz principal puede significar un aumento en la estabilidad de la planta y una mejor capacidad exploratoria de la parte superior e inferior del suelo para mantener el estado hídrico. Por su parte, una mayor fibrosidad conduce a una mayor capacidad de absorción y a un mayor contacto suelo-raíz.

2.6.6. ÍNDICE DE CALIDAD DE DICKSON (IC)

Este Índice integra la relación entre la masa seca total de la planta (g) y la suma del Índice de esbeltez (IE) y la relación parte seca aérea/parte seca radical o Índice de Tallo-Raíz (ITR). Este Índice expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura pero con mayor vigor (Dickson et al. 1960; Fonseca et al., 2002).

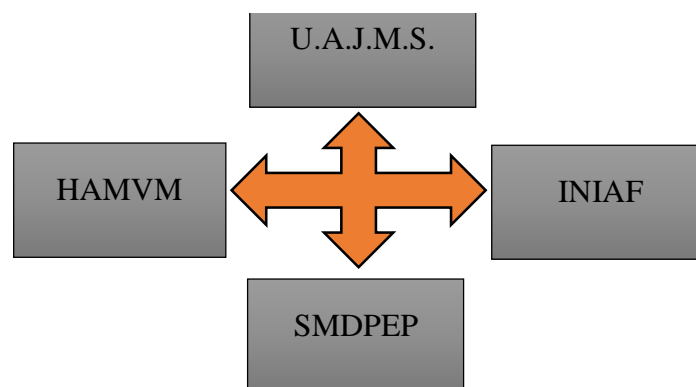
García (2007), recomienda para latifoliadas un valor de QI de 0,2 como mínimo, para contenedores de hasta 60 ml, basado en resultados de plantaciones.

3. METODOLOGÍA Y MATERIALES

3.1. COORDINACIÓN EXTERNA

Para ejecutar la investigación se realizó una coordinación con las siguientes instituciones, Instituto nacional de investigación agropecuaria y forestal (INIAF), honorable alcaldía municipal de Villa Montes.

FIGURA N° 2: Diagrama de coordinación



FUENTE: *Elaboración propia*

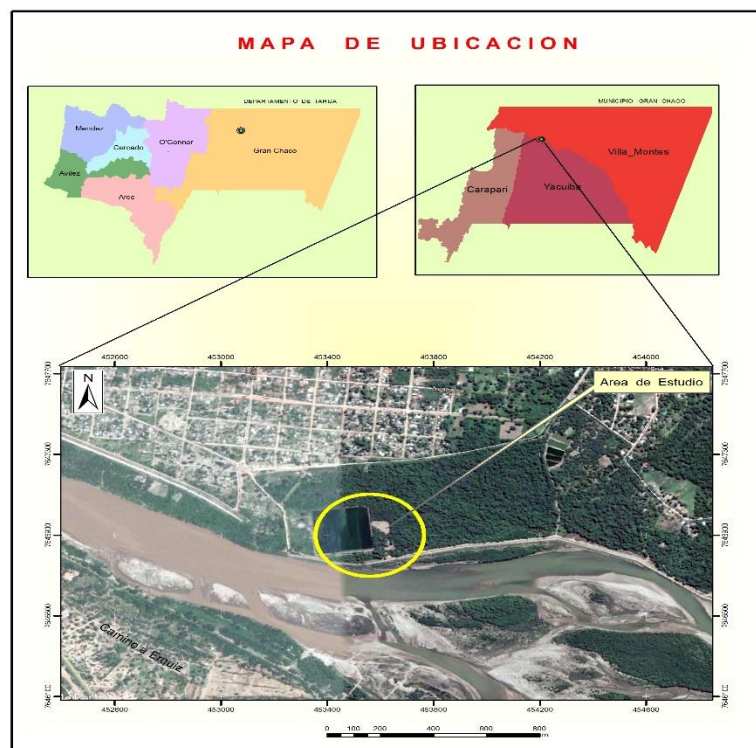
3.2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.2.1. LOCALIZACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el segundo vivero municipal de la benemérita ciudad de Villa Montes de la provincia gran chaco departamento de Tarija con una altura promedio de 400 metros sobre el nivel del mar con una extensión de superficie de 11.300 km².

El Municipio de Villa Montes, Limita al norte con el departamento de Chuquisaca, al sur con el Municipio de Yacuiba y la República de la Argentina, al este con el Paraguay y al oeste con la Provincia O'Connor del departamento de Tarija.

FIGURA N° 3: MAPA DE UBICACIÓN



3.2.2. CLIMA

Se pueden distinguir tres condiciones climáticas: una seca en la llanura, otra un poco más húmeda en la zona de transición, y una húmeda en el pie de monte en la cordillera del Aguarague. Las precipitaciones definen junto con la temperatura, las características del suelo y de la fisiografía, el éxito de la agricultura, y dan lugar a tipos de vegetación característicos a cada condición climática. PDM, 2011.

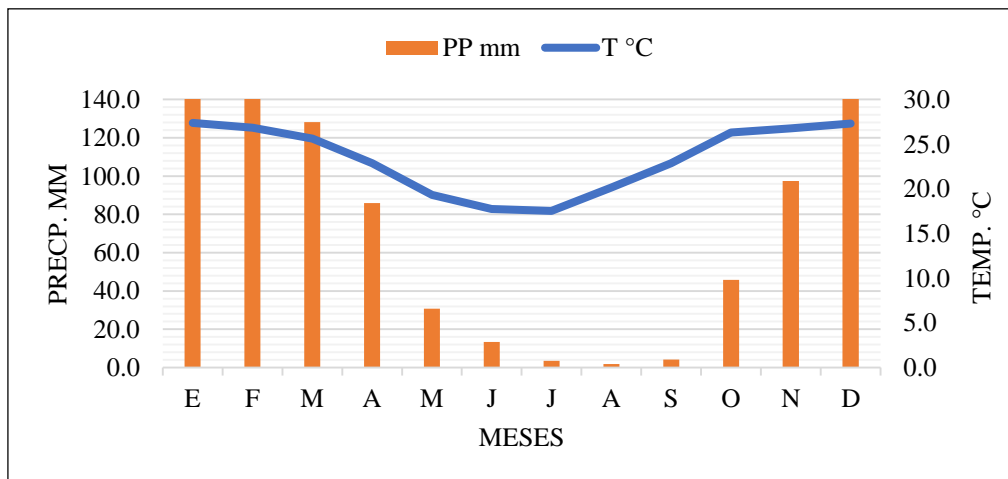
3.2.3. TEMPERATURA

La temperatura promedio es de 23.4 °C en Villa Montes y de 25.32 °C en Galpones. En invierno las temperaturas pueden bajar hasta extremos de -5 a -7 °C en las noches, causado por el ingreso de períodos cortos con "surazos", vientos fríos y húmedos, y en verano las temperaturas pueden subir hasta 45°C. PDM, 2011.

3.2.4. PRECIPITACIÓN

La serranía de Aguarague es la parte más húmeda con una precipitación promedio de más de 1000 mm anuales, disminuyendo hacia la zona de pie de monte donde la precipitación es cercana a 900 mm anual, mientras que la parte norte de la llanura chaqueña, es la parte más seca del municipio con menos de 400 mm anual, y la parte sur entre 400 y 600 mm anual. PDM, 2011.

GRÁFICA N° 1: Climograma de la zona



3.2.5. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El municipio de Villa Montes pertenece desde la zona de pie de monte hacia la República de Paraguay a la provincia fisiográfica de la Llanura Chaqueña Beniana, y desde las serranías del Aguarague hacia el oeste a la Provincia Fisiográfica Subandina. La llanura pertenece a una amplia unidad morfoestructural. El Área pertenece a una zona de Bosque Seco Xerofítico bien drenado con presencia de quebracho colorado (*Schinopsis quebracho colorado*), (ZONISIG, 2000)

El pie de monte, formado en las estribaciones de la serranía del Aguarague, con relieve variable, pendientes entre 2 y 10%, de donde bajan diferentes ríos y quebradas. Presenta diferentes grados de disección, desde colinas denudativas, terrazas y llanuras deposicionales, formadas por sedimentos como areniscas, arcillitas y limolitas del terciario. Los suelos son mayormente profundos a muy profundos con poca pedregosidad superficial, con texturas medias a finas, con drenaje superficial mayormente rápido. (ZONISIG, 2000)

3.3. METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. RECOLECCIÓN DE LAS SEMILLAS

La primera actividad a realizar fue la recolección de semillas de algarrobo blanco (*prosopis alba griseb*).

Se realizó la identificación de las fuentes y árboles semilleros en la ciudad de Villa Montes y en la comunidad de Puesto Uno a 5 kilómetros de distancia de la ciudad de Villa Montes en el puesto de don Gualberto Saavedra, ubicada geográficamente entre las coordenadas 21°15'39"S; 63°28'34"O, a 388 m.s.n.m.

Fueron elegidos los mejores especímenes con sus buenas características para la cosecha y producción.

Se realizó la recolección desde el 2 al 5 de diciembre de 2016 ya que en ese mes los frutos se encontraron maduros, se recolectaron los mejores frutos con las mejores características.

La identificación de la fuente y arboles semilleros se realizó el 30 de noviembre de 2016, tomando en cuenta las características que debe presentar un buen árbol semillero. Para esta identificación se utilizó las planillas de reconocimiento, (Ver anexo 3).

3.3.2. SELECCIÓN Y TRATAMIENTO DE SEMILLAS

Fueron seleccionadas las mejores vainas, luego se pusieron a remojar en agua a temperatura ambiente (24°C) durante 48 horas para hacer más fácil la escarificación, una vez remojadas las semillas en agua se procedió al estrujado, seleccionado de semillas, enjuague y desinfección. (Ver ANEXO N° 22)

3.3.3. DESINFECCIÓN DE SEMILLAS

Para poder obtener una buena germinación, las semillas fueron sometidas a un proceso de desinfección utilizando el insecticida terapico MAXIM, esto consistió en remojar por 12 horas el lote de semillas que se utilizaron en una concentración de 20 ml de insecticida en 10 litros de agua y luego secadas al aire libre para poder sembrarlas en los tubetes. (VER ANEXO N° 23).

3.3.4. PRUEBA DE CALIDAD DE LA SEMILLA

En esta investigación se realizó el análisis de la calidad de semilla, para poder ser utilizadas en el ensayo, los análisis fueron los siguientes:

3.3.5. PESO DE SEMILLAS POR KILOGRAMO

Se tomó una muestra con un peso de 100 gramos (0.1kg) empleando una balanza científica con una precisión de 0.001 g. y se realizó el conteo de semillas en la muestra, luego mediante una regla de tres simples se obtuvo el número de semillas por kilogramo. (VER ANEXO 23).

0.1kg ————— 1275 semillas

1kg ————— X

$X = 1 * 1275 / 0.1 = 12750$ semillas por kilogramo

3.3.6. ANÁLISIS DE PUREZA

Se tomó una muestra de 101.82 gramos en una balanza con 0.001 g de precisión, el peso de materia inerte y el peso de semilla pura. Con la fórmula de análisis de pureza se obtuvo el porcentaje de semilla pura en la muestra. (VER ANEXO N° 23)

$$\% \text{ Pureza} = \frac{99.31\text{g}}{101.82 \text{ g}} * 100 = 97.53\% \text{ de pureza}$$

3.3.7. SIEMBRA EN ALMACIGO

Se realizó la siembra de 200 semillas el 02 de marzo en el propio vivero en almacigo en un área de 1 m² para poder obtener las pruebas de calidad y poder evidenciar si estas son aptas para proseguir a la siembra directa en los tubetes.

Para preparar el almacigo se utilizó arena cernida desinfectada con ATARA insecticida terapico para sustrato, la preparación de esta solución fue de 15 ml para 20 litros de agua. Se desinfecto utilizando una mochila fumigadora. (VER ANEXO N° 25 y 26)

3.3.8. PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

Se estableció un total de 163 semillas germinadas de un lote de 200 semillas sembradas en el almacigo con un porcentaje de 81.5 % de germinación. (VER GRAFICA N° 2), para esto se realizaron observaciones una vez por semana durante un mes. (VER CUADRO N° 3).

3.3.9. ENERGÍA GERMINATIVA

En la energía germinativa de las semillas se tomó en cuenta el número de semillas germinadas en la segunda semana para evidenciar que tan parejo es el lote de semillas utilizadas y su energía de germinación en todo el mes establecido. (VER CUADRO N° 3).

3.3.10. CAPACIDAD GERMINATIVA

El total de semillas germinadas es de 163, las semillas que quedaron sanas sin germinar fueron 37, obteniendo una buena capacidad de germinación de 81.5%.

3.3.11. VALOR CULTURAL

El valor cultural de la semilla se calculó multiplicando el porcentaje de semilla pura por el porcentaje de germinación dividido entre cien.

$$\% VC = 97.53 * 81.5 / 100 = 79.5$$

El valor cultural de la semilla es de 79.5 %

3.3.12. SUSTRATOS

Mediante la ayuda de la institución municipal, (SMDPEP) “Secretaría Municipal de Desarrollo Productivo y Economía Plural”, la cual trabaja en el vivero municipal se logró obtener los distintos abonos orgánicos para llevar a cabo la preparación de los sustratos utilizados en la investigación, tales como:

Tierra vegetal (VER ANEXO N° 27).

Cascarilla de girasol (obtenida de la fábrica de aceite “ITIKA”, ubicada en Villa Montes. (VER ANEXO N° 28)

Gallinaza (obtenida de la granja avícola COQUITOS ubicada en Pajoso-Yacuiba). (VER ANEXO N° 30)

Lodos “sedimento residual” (obtenido de la planta de tratamiento de aguas residuales de Villa Montes) “EPSA” (VER ANEXO N° 29).

3.3.13. TRATAMIENTOS

T0= tierra vegetal (testigo)

T1= tierra vegetal 70% + cascarilla de girasol 30%

T2= tierra vegetal 80% + gallinaza 20%

T3= tierra vegetal 80% + lodo residual 20%

3.3.14. PREPARACION Y DOSIFICACIÓN DE CADA SUSTRATO

La preparación de cada sustrato se la hizo de forma manual utilizando baldes de 0.007 m³.

Para la mezcla de cada sustrato se tomó en cuenta experiencias realizadas anteriormente en la preparación de sustratos para obtener buenas proporciones en cuanto al contenido de los macronutrientes y el nivel de pH en los abonos.

Se realizó la medida de los tubetes para obtener el volumen que se necesitó para el llenado de todas las bandejas por cada tratamiento.

Para el testigo (T-0), se utilizó un total de 18 baldes de 0.007 m³ igual a 0.1220 m³ de tierra negra.

Para el sustrato compuesto de tierra negra 70% + cascarilla de girasol 30% se utilizaron 12 baldes de tierra negra igual a 0.0854 m³ y 6 baldes de cascarilla de girasol igual a 0.0366 m³.

Para el sustrato compuesto de tierra negra 80% + gallinaza 20% se utilizaron 14 baldes de tierra negra igual a 0.0976 m³ y 4 baldes de gallinaza igual a 0.0244 m³.

Para el sustrato compuesto de tierra negra 80% + lodo residual se utilizaron 14 baldes de tierra negra igual a 0.0976 m³ y 4 baldes de gallinaza igual a 0.0244 m³.

El volumen de cada maseta o tubete es de 0.000565 m³.

La dosificación de cada maseta correspondió a:

T0= tierra vegetal en una cantidad de 0.000565 m³.

T1= tierra vegetal se utilizó una cantidad de 0.000395m³ contra cascarilla de girasol en una cantidad de 0.000170m³. (La fórmula es 12*6)

T2= Tierra vegetal se utilizó una cantidad de 0.000452m³ contra gallinaza en una cantidad de 0.000113m³. (La fórmula es 14*4)

T3= Tierra vegetal se utilizó una cantidad de 0.000452m³ contra lodo residual en una cantidad de 0.000113m³. (La fórmula es 14*4).

3.3.15. DESINFECCIÓN DE SUSTRATOS

Con los sustratos mezclados en sus proporciones se procedió a la desinfección del mismo con insecticida (ATARA 250WG), utilizando una mochila fumigadora, se los dejó reposar por 24 horas, para evitar el ataque de hongos que puedan perjudicar a la germinación de las semillas. (VER ANEXO N° 31)

3.3.16. LLENADO DE TUBETES

Se procedió al llenado de los tubetes con cada tratamiento en un total de 54 tubetes cada bandeja, el llenado se realizó de forma manual. (VER ANEXO N° 33)

3.3.17. UBICACIÓN DE LAS BANDEJAS

Para la ubicación de las bandejas se construyeron 2 platabandas de 6.80 m. por 1.10 m. y fueron colocadas sucesivamente 4 bandejas de 54 tubetes por tratamiento con las 4 repeticiones. (VER ANEXO N° 35).

En el colocado de las bandejas se realizó el sorteo de los tratamientos para las 4 repeticiones y colocarlas al azar siguiendo el diseño planteado. (VER ANEXO N° 36)

3.3.18. SIEMBRA DIRECTA

La siembra se realizó el día 11 de abril del 2017, de manera directa en los tubetes, colocando 2 semillas por tubete con la testa que recubre a la semilla, presionando levemente contra el sustrato y cubriendo con arena fina a las semillas.

Debido a la siembra de dos semillas por tubete se utilizaron un total de 108 semillas por bandeja, 432 semillas por tratamiento y 1728 semillas para todo el ensayo.

3.3.19. GERMINACIÓN

El lote total que se ocupó fue de 1728 semillas, donde se obtuvo una germinación de 1026 semillas. (VER ANEXO N° 38)

La germinación fue casi homogénea por tratamiento, el registro de la germinación se hizo una vez por semana empezando el 18 de abril hasta el 16 de mayo fecha en la cual se culminó con el proceso de germinación. (VER GRAFICA N° 3).

La germinación por tubetes no fue de manera completa quedando tubetes sin plantones, mientras que en otros tubetes se obtuvo la germinación de las dos semillas. (VER ANEXO N° 2).

3.3.20. PLANTONES GERMINADOS POR UNIDAD EXPERIMENTAL

Luego del proceso de germinación se obtuvo el número de plantones por unidad experimental y por cada tratamiento. (VER ANEXO 2)

También se realizó el registro de doble germinación, número de plantones por tubetes y el número de tubetes que quedaron vacíos. (VER ANEXO 2)

En el T-0 se obtuvo un promedio de 58 plantones por unidad experimental, haciendo un total de 231 plantones.

En el T-1 se obtuvo un promedio de 67 plantones por unidad experimental, haciendo un total de 268 plantones.

En el T-2 se obtuvo un promedio de 62 plantones por unidad experimental. , haciendo un total de 249 plantones.

En el T-3 se obtuvo un promedio de 64 plantones por unidad experimental. , haciendo un total de 256 plantones.

3.3.21. RIEGO

El riego se realizó con una regadera con capacidad de 5 litros por bandeja, se realizó una vez por día durante el primer mes para mantener con un buen contenido de humedad el sustrato y así obtener una rápida germinación.

Luego de la germinación y pasado el mes se continuó regando con la misma cantidad de agua 5 litros por bandeja.

En la época de frío implicando los meses de junio y julio se redujo el riego a cada dos y tres días debido al nivel bajo de temperatura lo que provocaba exceso de humedad en los tubetes.

Después de obtener la mayoría de las plantas en el mes de septiembre con buen crecimiento diametral y altura se fue disminuyendo la frecuencia de riego a cada 2 días con la regadera de la misma capacidad, con el objetivo de realizar el endurecimiento del plánton y su lignificación. (VER ANEXO N° 55 Y 58)

3.3.22. ATAQUE DE INSECTOS Y PLAGAS

Para evitar el ataque de insectos y enfermedades como el damping-off se realizó la fumigación con los insecticidas terapicos MAXIM, una vez por semana durante los primeros 2 meses después de eso no se pudo evidenciar ataque de ninguna plaga o enfermedad.

La primera fumigación se realizó el 17 de abril utilizando una solución de 20 ml de MAXIM en 10 litros de agua, la fumigación se hizo utilizando una mochila fumigadora. Las fechas de fumigación durante los primeros meses, se realizó de acuerdo al cronograma.

3.3.23. DESHIERBE

Para evitar la proliferación de malezas en los tubetes y que estas puedan perjudicar al desarrollo del plantón se realizó un deshierbe en momentos oportunos.

Los deshierbes fueron realizados de forma manual utilizando guantes, de acuerdo a la aparición de estos en los tubetes. En el mes de mayo se realizaron dos deshierbes, en los meses de junio y julio se realizó 1 deshierbe por cada mes debido a las bajas temperaturas que se registraron en esos meses no hubo desarrollo de malezas. En los meses de agosto, septiembre y octubre se realizaron 3 deshierbes por mes debido al aumento de temperatura se fueron desarrollando más hiervas en los tubetes. (VER ANEXO N° 44).

3.3.24. ELIMINACIÓN DEL SEGUNDO PLANTÓN EN LOS TUBETES

La eliminación del segundo plantón en el tubete se realizó el 18 de mayo de 2017 un mes después de la germinación, para evitar el desarrollo radicular de los dos en el tubete y pueda dificultar el desprendimiento de estos. Además se realizó en esta fecha para poder evaluar un solo plantón por tubete y empezar con las mediciones dasométricas a partir del mes después de la germinación, el número de plantones eliminados se registró en una planilla. (VER ANEXO N° 46)

La eliminación del plantón fue de forma manual utilizando guantes, humedeciendo bien el sustrato para así evitar dañar las raíces del plantón que se quedaría en el tubete.

Los criterios para la eliminación de uno de los plantones fueron su tamaño y su vigor.

3.3.25. SELECCIÓN DE UNIDADES EVALUADAS

En la selección de las unidades de evaluación se tomó en cuenta el efecto de borde de cada unidad experimental es decir de cada bandeja que contenían 54 tubetes, solo se

evaluaron las del centro, 28 plantones por unidad experimental y 112 unidades evaluadas por tratamiento. (VER ANEXO N° 2)

3.3.26. ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICO DE LOS SUSTRATOS

Para el análisis de los sustratos utilizados en el trabajo se seleccionó una muestra de 1 kg por cada uno, fueron enviadas al laboratorio de análisis químico CETABOL “Fundación Centro Tecnológico Agropecuario en Bolivia-Santa Cruz” con el apoyo del INIAF “Institución Nacional de Innovación Agropecuaria Forestal “de Tarija.

El análisis que se solicitó fue la textura, contenido de materia orgánica, pH, y el NPK de cada sustrato para poder determinar cuál es el más óptimo en cuanto al aporte nutricional al plantón.

3.3.27. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Las variables que fueron sujetas a observación durante todo el periodo del ciclo de producción del algarrobo blanco (*Prosopis alba griseb*) son:

➤ Porcentaje de germinación:

Las observaciones de germinación en el almacigo fueron el 9, 16, 23 y 30 de marzo de 2017 utilizando planillas de registro. (VER ANEXO N° 1)

Los datos de germinación en los tubetes fueron tomados el 18, 25 de abril y 02, 09 y 16 de mayo de 2017; 35 días.

➤ Diámetro Basal

Se realizaron 5 mediciones diametrales utilizando un calibrador (vernier) y planillas de registro.

La 1ra medición 20 de junio (Ver anexo 5), la 2da medición 18 de julio (Ver anexo 6) 3ra medición 21 de agosto, (Ver anexo 7) la 4ta medición 22 de septiembre (Ver anexo 8), la 5ta medición el 20 de octubre. (Ver anexo 9)

➤ Altura de Plantón

Se realizaron 6 mediciones de altura utilizando una regla, flexometro y planillas de registro.

La 1ra medición 21 de mayo, (ver anexo 10) la 2da medición 19 de junio (ver anexo 11), 3ra medición 22 de julio (ver anexo 12), la 4ta medición 23 de agosto, (ver anexo 13), la 5ta medición el 21 de septiembre, (ver anexo 14) y la 6ta medición el 22 de octubre. (Ver anexo 15)

➤ **Cantidad de semillas germinadas:**

Se realizó el conteo de semillas germinadas por tratamiento y de todo el ensayo desde el 18 de abril al 16 de mayo.

➤ **Sobrevivencia**

La sobrevivencia se registró al final del ensayo realizando el conteo de plántones que quedaron vivos y libre de enfermedad en el ensayo. (VER CUADRO N° 6)

➤ **Mortandad de Plántones.**

Se realizó la observación y conteo de plántones muertos en el ensayo por cada tratamiento en estudio. (VER CUADRO N° 6)

➤ **Índice de esbeltez**

Para esta variable se tomó en cuenta la relación altura diámetro que se obtuvo de las últimas mediciones de los plántones en el vivero. (VER GRAFICA N° 10)

3.4. MATERIALES Y HERRAMIENTAS

3.4.1. MATERIALES BIOLÓGICOS

- Semillas de algarrobo blanco (*prosopis alba griseb*)

3.4.2. MATERIALES DE LABORATORIO

- Balanza electrónica
- Lámpara infrarroja
- Platos de plástico
- Platos Petri

3.4.3. MATERIAL DE CAMPO

- Bandejas y tubetes
- Ladrillos
- Sustratos

- Pala
- Carretilla
- Picota
- Mochila fumigadora
- Bolsas polietileno
- GPS.
- Planillas de registro
- Máquina de calcular
- Flexometro
- Malla para media sombra
- Cámara fotográfica
- Planilla para semilleros
- Planilla de germinación, diámetro y altura
- Calibrador (vernier)

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente al azar, contenido para ello, 4 tratamientos con 4 repeticiones, teniendo un total de 16 unidades experimentales.

El diseño completamente al azar es una prueba basada en el análisis de varianza, en donde la varianza total se descompone en la “varianza de los tratamientos” y la “varianza del error”.

3.6. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL:

Nº De especies: 1

Nº de repeticiones: 4

Nº De tratamientos: 4.

Tamaño de la unidad experimental: 54 Plantones por bandeja

Nº de unidades a evaluar: 28 plantones

Nº Plantón evaluados por tratamiento: 112 plantones.

Tamaño de la población: 448 plantones.

CUADRO 1: DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR

Diseño completamente al azar				
Tratamientos	Replicas			
	1	2	3	4
A	T-1	T-0	T-1	T-3
B	T-0	T-1	T-2	T-1
C	T-3	T-2	T-3	T-0
D	T-2	T-3	T-0	T-2

CUADRO 2: MODELO DE UN ANOVA

Fuente de variación (Fv)	de Grados libertad (gl)	de Suma cuadrados (S.C.)	de Cuadrado medio (C.M.)	Relación F (Fc.)
Total	$t * r - 1$	$\sum \gamma g^2 - Fc = A$		
Tratamientos	$(t - 1)$	$\sum \frac{t_i^2}{r} - Fc = B$	$\frac{B}{t-1} = (2)$	$\frac{(2)}{(3)}$
Error experimental	$t(r-1)$	$A - B = C$	$\frac{C}{t(r-1)} = (3)$	

Donde:

t = tratamientos

r = replicas o repeticiones

y = observaciones individuales

Fc = factor de corrección.

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. PRUEBA DE GERMINACIÓN EN ALMACIGO

La germinación de las semillas en el almacigo fue de un 81,5 % al cabo de un mes de evaluación (28 días).

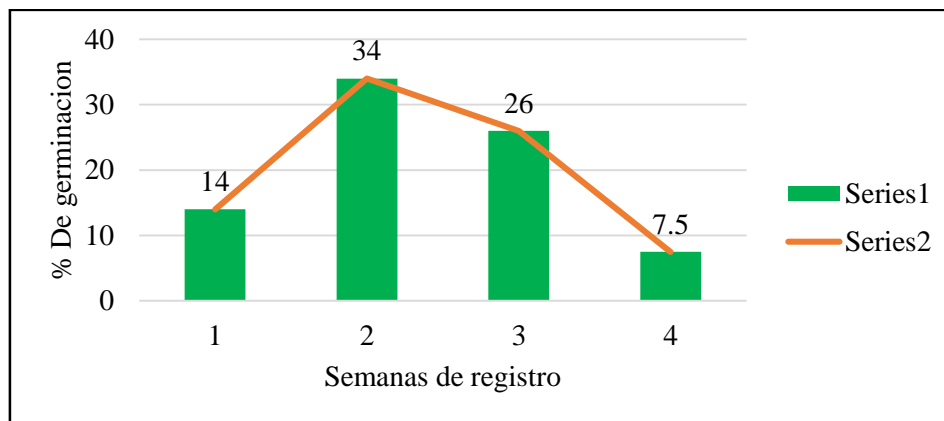
CUADRO 3: Resultados de germinación en almacigo

Semanas	N° de semillas germinadas	Porcentaje de germinación	Capacidad germinativa (%)
1	28	14	14
2	68	34	34
3	52	26	26
4	15	7.5	7.5
total	163	81.5	

FUENTE: Elaboración propia

La germinación se registró a partir del séptimo día con 28 semillas germinadas, la segunda semana se registraron 68 semillas germinadas, la tercera semana 52 semillas y el último registro en la cuarta semana se registraron 15 semillas germinadas.

GRÁFICA N° 2: Porcentaje de germinación en almacigo



FUENTE: Elaboración propia

En la gráfica número 2 se puede observar el comportamiento de las semillas en cuanto a la germinación en las 4 semanas de registro.

La primera semana se puede observar un 14% de germinación, la segunda semana se observa que la capacidad germinativa aumenta a un 34% de germinación, la tercera semana la capacidad germinativa bajo a un 26% de germinación y en la cuarta semana la capacidad germinativa siguió bajando a un 7.5%, sumando todos los porcentajes de germinación se logró un 81.5% de germinación total.

Se puede concluir que el comportamiento de las semillas fue mejor en la segunda semana de evaluación con un 34% de germinación siendo el punto más alto en las 4 semanas.

Las muestras de semillas deben ser bastante grandes para asegurar que por lo menos algunas de ellas germinen. Para las especies arbóreas del género *Prosopis* se sugieren entre 200 y 500 semillas por prueba. (ISTA, 1976).

4.2. GERMINACIÓN EN BANDEJAS

Los porcentajes de germinación que se obtuvieron por unidad experimental se pueden apreciar en el siguiente cuadro:

CUADRO N° 4: Porcentaje de germinación por unidad experimental

TRAT	REPETICIONES	SUMA	MEDIA
------	--------------	------	-------

	I	II	III	IV		
T-0	51.1	55.6	52.8	53.7	213.2	53.3
T-1	62	60.2	63.9	62	248.1	62.0
T-2	60.2	55.6	57.4	57.4	230.6	57.7
T-3	55.6	61.1	57.4	63	237.1	59.3

FUENTE: Elaboración propia

Para la comparación de los sustratos en el efecto que tuvieron en la germinación en los tubetes se realizó un análisis de varianza.

CUADRO 5: ANOVA para la germinación

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%
Tratamiento	3	160.09	53.36	10.25	3.49 *
Error	12	62.45	5.20		
Total	15	222.54			

FUENTE: Elaboración propia

Como se puede observar en el análisis de varianza, los sustratos presentan diferencias significativas en cuanto al porcentaje de germinación al 5 % de probabilidad de error.

Prueba de Duncan $S_x = 2.23$

Límites de significancia

$$LS = q * S_x$$

Tratamientos	Medias
T-1	62.03

	2	3	4
q	3.08	3.22	3.31

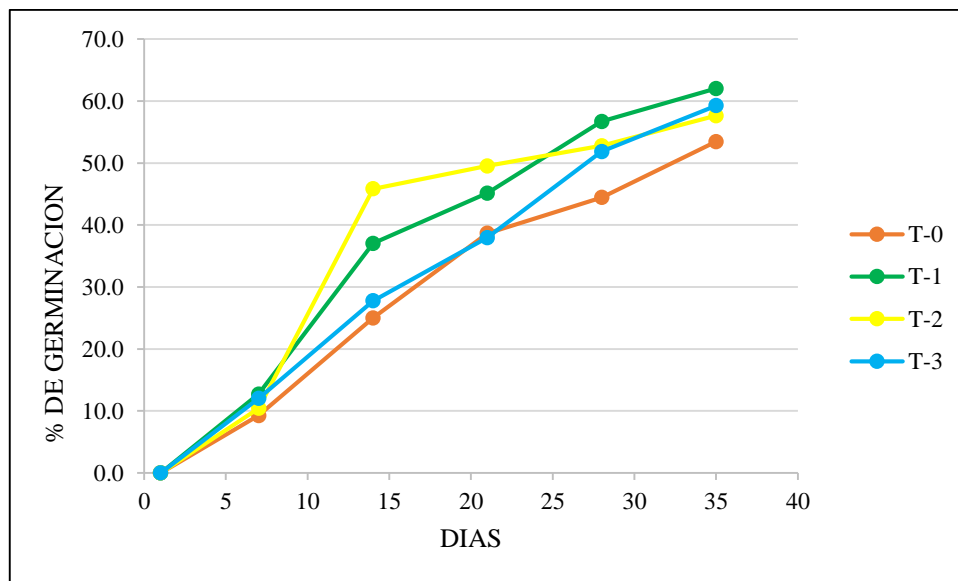
T-3	59.28
T-0	57.65
T-2	53.70

Sx	1.14	1.14	1.14
LS	3.51	3.67	3.78

	A	B	C
	62.03	59.28	57.65
53.70	8.3 / 3.51 *	5.6 / 3.67 *	4 / 3.78 NS
57.65	4.4 / 3.67 *	1.6 / 3.78 NS	
59.28	2.8 / 3.78 NS		

Según la prueba de Duncan establecida se concluye que el T-1 compuesto por tierra vegetal más cascarilla de girasol y el T-3 compuesto de tierra vegetal más lodo residual son los mejores tratamientos para la germinación de algarrobo blanco (*prosopis alba griseb*) en los tubetes.

GRÁFICA N° 3: % de Germinación en bandejas



FUENTE: Elaboración propia

En la gráfica número 3 se puede apreciar la representación del porcentaje de germinación de cada tratamiento en relación a los días de observación.

El comportamiento de las semillas en la germinación fue regular en la primera semana para todos los tratamientos, la segunda y tercer semana se puede observar una diferencia en los tratamientos donde el T-2 presenta mayor porcentaje de germinación. En la cuarta semana el T-1 y el T-3, alcanzaron un porcentaje mayor a 59% de germinación.

El T-0 alcanzó un 53.3 % de germinación.

El T-1 alcanzó un 62 % de germinación.

El T-2 alcanzó un 57.7 % de germinación.

El T-3 alcanzó un 59.3 % de germinación.

Los sustratos que tuvieron el mayor efecto en la germinación de semillas, fueron el T-1 y el T-3 son los sustratos que más porcentaje de germinación obtuvieron en los tubetes.

El tratamiento previo es frecuentemente requerido para superar la latencia en la semilla de *Prosopis*. Una vez superado el estado de latencia, el período de germinación activa es por lo común inferior a 30 días. (ISTA, 1976).

4.3. SOBREVIVENCIA

Para el porcentaje de sobrevivencia se tomó en cuenta el registro de datos de los plántones muertos en las bandejas por cada tratamiento.

CUADRO N° 6: Sobrevivencia

Tratamiento	N° de plantas evaluadas	Plantas vivas	% de sobrevivencia
T-0	112	109	97.3
T-1	112	112	100
T-2	112	79	70.5
T-3	112	112	100

FUENTE: Elaboración propia

En el cuadro podemos observar que el T-1 conformado por tierra vegetal más cascarilla de girasol cuenta con un 100% de sobrevivencia en todo el ensayo. El T-3 compuesto de tierra vegetal más lodo residual presenta un 100% de sobrevivencia.

El T-0 compuesto de tierra vegetal, tiene un 2.7% de mortandad esta cantidad es baja ya que solo son 3 plántones muertos de las 112 evaluadas.

El T-2 compuesto de tierra vegetal más gallinaza es el que presenta la mayor cantidad de mortandad en el ensayo con un número total de 33 plántones muertos, esto equivale al 29.5% del total de plántones evaluados.

Las causas según la observación fueron los cambios de temperatura, la composición del sustrato no fue la adecuada ya que la gallinaza presenta un nivel alto de pH de acuerdo a los análisis obtenidos en laboratorio, el tiempo de preparación del sustrato T-2 no fue el apropiado.

4.4. EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLÁNTONES

4.4.1. CRECIMIENTO EN ALTURA.

Para el análisis de crecimiento de altura se tomó en cuenta el registro de las últimas mediciones que corresponden al 22 de octubre de 2017.

CUADRO 7: ANOVA para la altura

FUENTE: Elaboración propia

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%
Tratamiento	3	668.36	222.79	10.26	3.49*
Error	12	260.46	21.70		
Total	15	928.81			

Según el análisis de varianza realizado entre los tratamientos para el crecimiento en altura se pudo observar que la Fc es mayor que la Ft, existiendo diferencias al 5% de probabilidad de error entre los tratamientos.

Prueba de Duncan

$$S_x = 2.23$$

Límites de significancia

$$LS = q * S_x$$

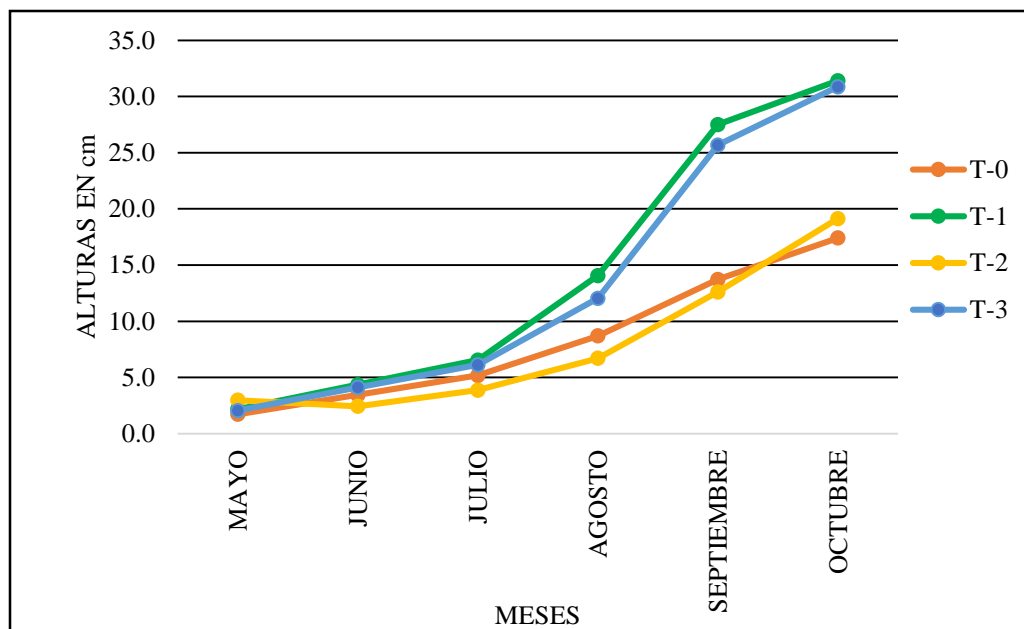
Tratamientos	Medias
T-1	31.40
T-3	30.87
T-2	19.13
T-0	17.41

	2	3	4
q	3.08	3.22	3.31
S _x	2.33	2.33	2.33
LS	7.17	7.50	7.71

	31.40	30.87	19.13
17.41	13.99/7.17 *	13.46/7.50 *	1.72/7.71 NS
19.13	12.27/7.50 *	11.74/7.50 *	
30.87	0.53/7.71 NS		

Los tratamientos T-1 conformado por tierra vegetal más cascarilla de girasol y T-3 conformado por tierra vegetal más lodo residual son los más recomendables para producción de plántones de algarrobo blanco según la prueba de DUNCAN.

GRÁFICA N° 4: Crecimiento en altura



FUENTE: Elaboración propia

En la gráfica se representa las mediciones de altura en relación a los meses de seguimiento por cada tratamiento.

El crecimiento de altura en los plántones fue de manera lenta en los cuatro tratamientos hasta el mes de julio no se aprecian diferencias debido al estado de receso fisiológico que presentan los plántones en épocas de invierno cuando se registran bajas temperaturas.

A partir del mes de agosto, el crecimiento en altura fue aumentado en los cuatro tratamientos pero el T-1 compuesto por tierra vegetal más cascarilla de girasol y el T-3 compuesto por tierra vegetal más lodo residual, presentaron un mejor crecimiento, a partir de este mes hasta el mes de octubre cuando se hizo el último registro los plántones obtuvieron un promedio de más de 30 cm.

El crecimiento en altura del T-0 con tierra vegetal y T-2 compuesto de tierra vegetal más gallinaza fue más lento durante todo el ensayo, también se puede apreciar que existe un incremento a partir del mes de agosto cuando las temperaturas empezaron a subir, el promedio alcanzado fue de 20 cm hasta la última medición realizada el 22 de octubre de 2017.

El mejor desarrollo de altura en los tratamientos se registró en los meses de agosto a septiembre, debido a las condiciones climáticas favorables que se dieron a partir de este mes.

La época de crecimiento de los algarrobos esta principalmente definida por el aumento de la temperatura ambiente. Podría decirse que el crecimiento retoma, luego del periodo invernal, con los primeros aumentos de temperatura a fines de agosto y septiembre, culminando entre marzo y junio con la aparición de las primeras heladas. (INTA 2005).

4.4.2. CRECIMIENTO DIAMETRAL

Para el análisis del crecimiento diametral se tomó en cuenta la última medición del 20 de octubre de 2017 como dato relevante para el análisis de varianza.

CUADRO N° 8: ANOVA para el diámetro

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Ft 5%
Tratamiento	3	1.64	0.55	5.73	3.49 *
Error	12	1.15	0.10		
Total	15	2.79			

FUENTE: Elaboración propia

Según el análisis de varianza realizado entre los tratamientos para el crecimiento diametral se pudo observar que la F_c es mayor que la F_t existiendo diferencias al 5% de probabilidad de error entre los tratamientos.

Prueba de Duncan

$$S_x = 0.15$$

Límites de significancia

$$LS = q * S_x$$

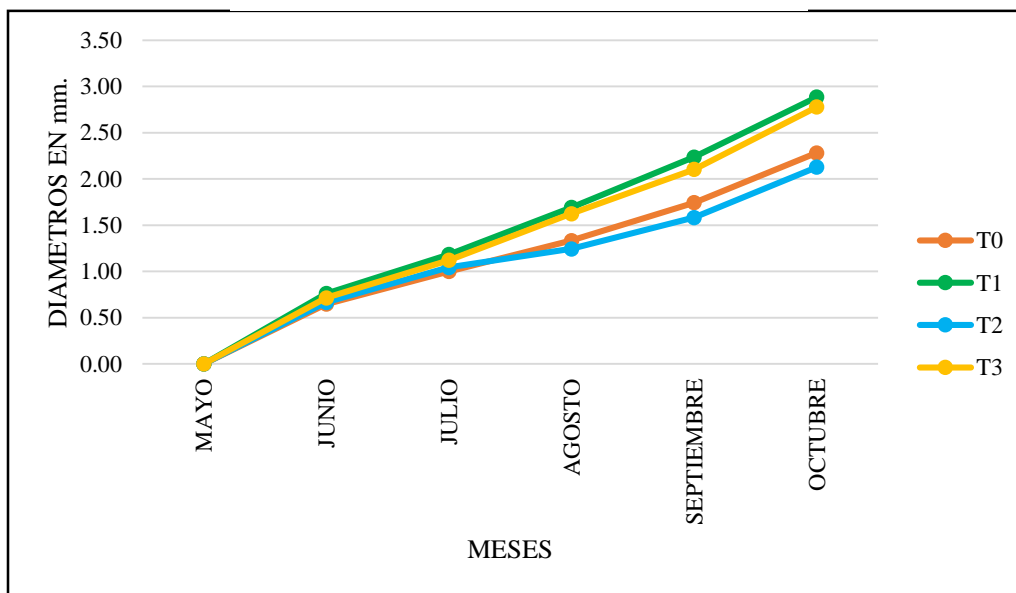
Tratamientos	Medias
T-1	2.89
T-3	2.78
T-0	2.28
T-2	2.13

	2	3	4
q	3.08	3.22	3.31
Sx	0.15	0.15	0.15
LS	0.46	0.48	0.50

	2.89	2.78	2.28
2.13	0.76 / 0.46 *	0.65 / 0.48 *	0.15 / 0.50 NS
2.28	0.61 / 0.48 *	0.50 / 0.50 NS	
2.78	0.11 / 0.46 NS		

Según la prueba de DUNCAN el T-1 y el T-3 son los tratamientos más recomendables para la producción de algarrobo blanco en cuanto al crecimiento diametral.

GRÁFICA N° 5: Crecimiento diametral



FUENTE: Elaboración propia

La grafica N° 5 representa el crecimiento diametral con relación a los meses que se hicieron las mediciones de cada tratamiento.

El crecimiento diametral en los cuatro tratamientos fue de manera homogénea, se puede apreciar un aumento de crecimiento diametral a partir del mes de agosto debido al aumento de temperatura en la zona.

Se registró el crecimiento más lento en los meses de junio y julio donde llegaron a un promedio de 1.5 mm de diámetro, esto debido al receso fisiológico que tienen los plantones por la época invernal.

Se puede observar en la gráfica que el T-1 compuesto de tierra vegetal más cascarilla de girasol, incremento su diámetro desde agosto hasta el mes de octubre con un promedio de 2.9 mm.

El T-3 compuesto de tierra vegetal más lodo residual, incremento su diámetro desde agosto hasta el mes de octubre con un promedio de 2.8mm.

El T-0 compuesto por tierra vegetal y T-2 compuesto por tierra vegetal más gallinaza, son los tratamientos que obtuvieron menor desarrollo diametral, obteniendo un promedio de 2.5 mm hasta el mes de octubre.

El mejor desarrollo diametral se dio en los meses de agosto y septiembre debido a las condiciones climáticas favorables.

La composición de los sustratos con tierra vegetal y lodo residual tuvieron mejor efecto en el desarrollo diametral de los plantones debido al buen contenido de materia orgánica en los sustratos.

La época de crecimiento de los algarrobos esta principalmente definida por el aumento de la temperatura ambiente. Podría decirse que el crecimiento retoma, luego del periodo invernal, con los primeros aumentos de temperatura a fines de agosto y septiembre, culminando entre marzo y junio con la aparición de las primeras heladas. (INTA 2005).

4.5. CALIDAD DE LA PLANTA

4.5.1. ÍNDICE DE ESBELTEZ

El índice de esbeltez se determinó con el fin de verificar la calidad del plantón por cada tratamiento evaluado.

El rango para una planta en buena calidad es entre 5 y 10. (Toral, 1997)

En la especie *prosopis*, para la relación de índice de esbeltez altura diámetro apropiado los plantones deben contemplar alturas mayores a 25 cm de altura y 3 mm. de diámetro (INTA, 2005)

CUADRO N° 9: Resultados de índice de esbeltez

TRAT.	T-0	T-1	T-2	T-3
medias alturas (cm)	17.41	31.40	19.13	30.87
medias diámetros (mm)	2.28	3.25	2.13	3.15
Índice Esbeltez	7.6	9	9.0	9.8

FUENTE:

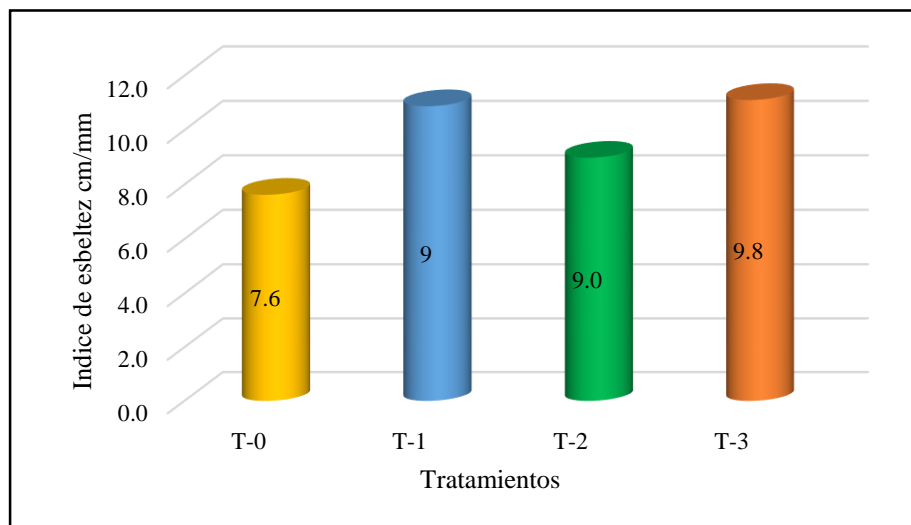
Elaboración

propia

En el cuadro podemos apreciar los valores promedio de las mediciones de alturas y diámetros de cada tratamiento, haciendo una relación entre altura y diámetro obtuvimos el índice de esbeltez promedio de cada tratamiento para determinar la calidad de la planta.

Los valores promedio obtenidos en el T-0 y en el T-2 no califican para hacer una relación entre altura y diámetro ya que sus dimensiones son menores a lo indicado.

Los valores promedio obtenidos en el T-1 y T-3 son apropiados para la relación altura diámetro y poder obtener un índice apropiado.

GRÁFICA N° 10: Índice de esbeltez por tratamiento

FUENTE: Elaboración propia

En la gráfica se representa el promedio de índice de esbeltez que obtuvo cada tratamiento.

En el T-0 compuesto de tierra vegetal se obtuvo un valor de 7.6 lo que indica que tiene un índice de esbeltez adecuado para la implantación.

El T-1 compuesto de tierra vegetal más cascarilla de girasol, presenta un índice de esbeltez de 9 indicando que los plántones de este tratamiento cuentan con un índice de esbeltez adecuado para la implantación.

El T-2 compuesto de tierra vegetal más gallinaza presenta un índice de esbeltez de 9 indicando un índice de esbeltez apropiado para la implantación.

El T-3 compuesto de tierra vegetal más lodo residual cuenta con un índice de 9.8 indicando que se obtuvieron plántones con un índice de esbeltez apropiado para la implantación.

Los plántones del T-0 y T-2, cuentan con un índice de esbeltez de acuerdo al rango citado por (Toral, 1997) pero no pueden ser tomados en cuenta para ser implantados debido a que sus dimensiones están por debajo de los límites establecidos con los que debería contar una planta de calidad.

4.6. SUSTRATO MAS ÓPTIMO PARA EL CRECIMIENTO DE (*Prosopis alba griseb*).

Luego del seguimiento, observación y registro de mediciones de altura y diámetro se obtuvieron distintos plantones por cada tratamiento considerados como plantón de buena calidad de acuerdo a los indicadores de calidad establecidos por el INTA.

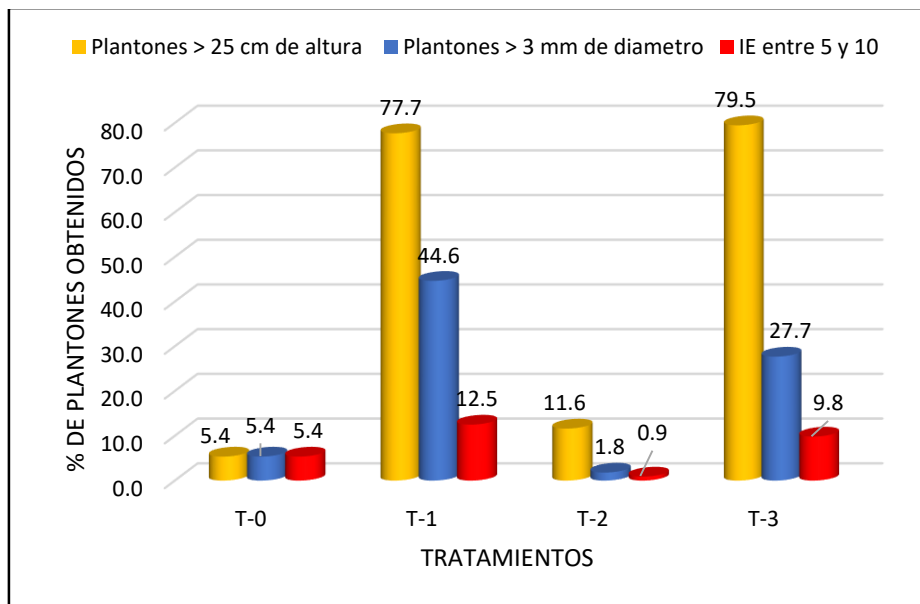
CUADRO 10: N° de plantones de calidad

Plantones de calidad obtenidos según los indicadores de buena calidad			
Tratamientos	Plantones > 25 cm de altura	Plantones > 3 mm de diámetro	IE entre 5 y 10
T-0	6	6	6
T-1	87	50	14
T-2	13	2	1
T-3	89	31	11

FUENTE: Elaboración propia

En el cuadro se puede observar el número total de plantones que son considerados como plantones de buena calidad según los indicadores de crecimiento en altura, crecimiento diametral e índice de esbeltez.

Se recomienda que los plantones midan de 25 a 35 cm de altura, aceptándose hasta unos 40 cm de altura como máximo y un diámetro de cuello (DAC) mínimo de 3 mm, siendo el ideal 4 mm de DAC. (INTA, 2005)

GRÁFICA N° 11: Plantones de calidad obtenidos

FUENTE: Elaboración propia

En la gráfica se describe el porcentaje de plantones que obtuvieron un crecimiento mayor a los 25 cm de altura, el porcentaje de plantones que obtuvieron más de 3 mm de diámetro y el porcentaje de plantones que alcanzaron un índice de esbeltez entre el rango de 5 y 10 que indica que son de buena calidad en relación de la altura y diámetro.

En el T-0 se obtuvo un 5.4% de plantones con buena altura, 5.4% de plantones con buen diámetro y 5.4% con un índice de esbeltez apropiado.

En el T-1 se obtuvo un 77% de plantones con buen crecimiento en altura, 44.6% de plantones con buen crecimiento diametral y 12.5% con un índice de esbeltez apropiado.

En el T-2 se obtuvo un 11.6% de plantones con buen crecimiento en altura, 1.8% de plantones con buen crecimiento diametral y 0.9% con un índice de esbeltez apropiado.

En el T-3 se obtuvieron 79.5% de plantones con buen crecimiento en altura, 27.7% de plantones con buen crecimiento diametral y 9.8% con un índice de esbeltez apropiado.

Los tratamientos que obtuvieron mejor crecimiento en altura, diámetro y con un índice de esbeltez apropiado son los compuestos con cascarilla de girasol y con lodo residual.

El sustrato más óptimo, para el crecimiento y desarrollo de plántones de Algarrobo blanco en tubetes, es el T-1 compuesto de tierra vegetal y cascarilla de girasol.

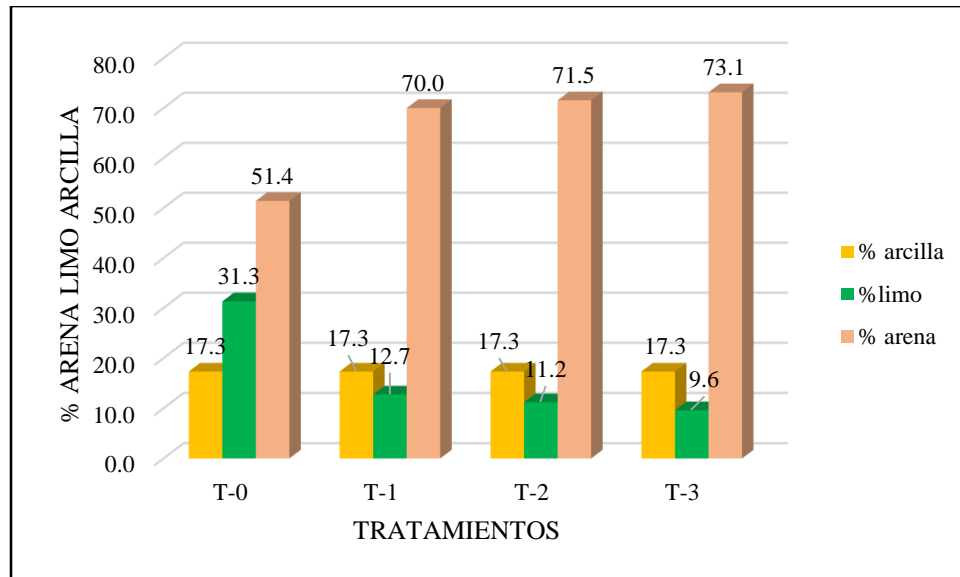
El segundo sustrato más óptimo para la producción y desarrollo de plántones de algarrobo blanco en tubetes es el T-3 compuesto de tierra vegetal más lodo residual.

4.7. ANÁLISIS QUÍMICO-FÍSICO DE LOS SUSTRATOS PREPARADOS EN LA INVESTIGACIÓN

4.7.1. TEXTURA DE LOS SUSTRATOS UTILIZADOS

La textura indica la proporción de las partículas fundamentales del suelo: arcilla, limo y arena, que se pueden agrupar en fina, media y gruesa. El diámetro de las partículas de arcilla es menor de 0.002 mm, las de limo están entre 0.002 y 0.05 mm y las de arena son entre 0.05 y 2.0 mm. (Castellanos ,2000)

GRÁFICA 12: Tipo de textura de los sustratos



FUENTE: Elaboración propia

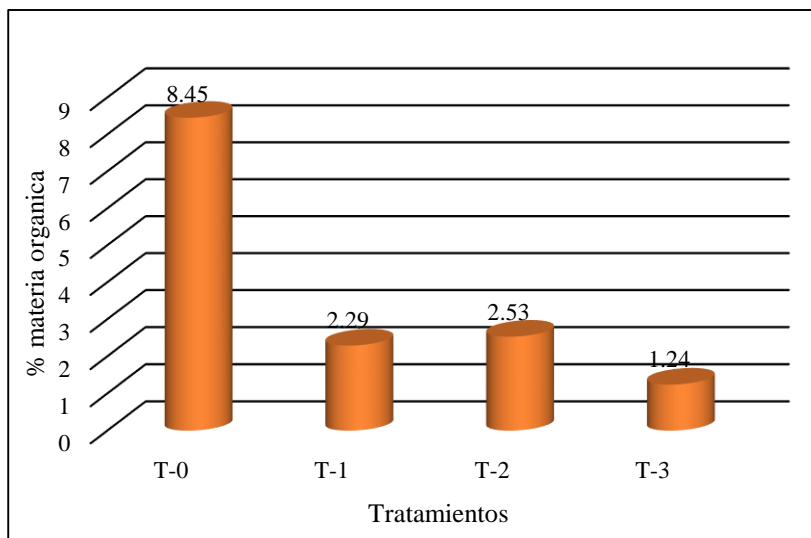
Los sustratos presentan alto contenido de arena con más del 50% y contienen menos del 20% de arcilla y limo haciéndolos un sustrato de textura gruesa.

Los Sustratos de textura gruesa. Son los suelos con más de 50 % de arena, pero contienen menos del 20 % de arcilla. Cuentan con una baja capacidad para retener nutrientes y agua. La gran cantidad de poros grandes y bajo contenido de arcilla provoca que se pierda más fácilmente agua y nutrientes. (Castellanos ,2000)

4.7.2. MATERIA ORGÁNICA

FUENTE: Elaboración propia

GRÁFICA N° 13: Materia orgánica de los sustratos



La materia orgánica es el resultado de la descomposición de los residuos orgánicos.

En suelos de uso agrícola, el rango para determinar la condición de materia orgánica depende del clima. (Castellanos, 2009)

El contenido de materia orgánica en los sustratos mezclados con cascarilla de girasol, gallinaza y lodo residual es de nivel medio según el análisis de laboratorio.

El contenido de materia orgánica que se encontró en la tierra vegetal es alto.

El contenido de materia orgánica en climas cálidos está sujeto a los siguientes rangos de comparación en porcentaje. (Castellanos, 2009).

Bajo < 2

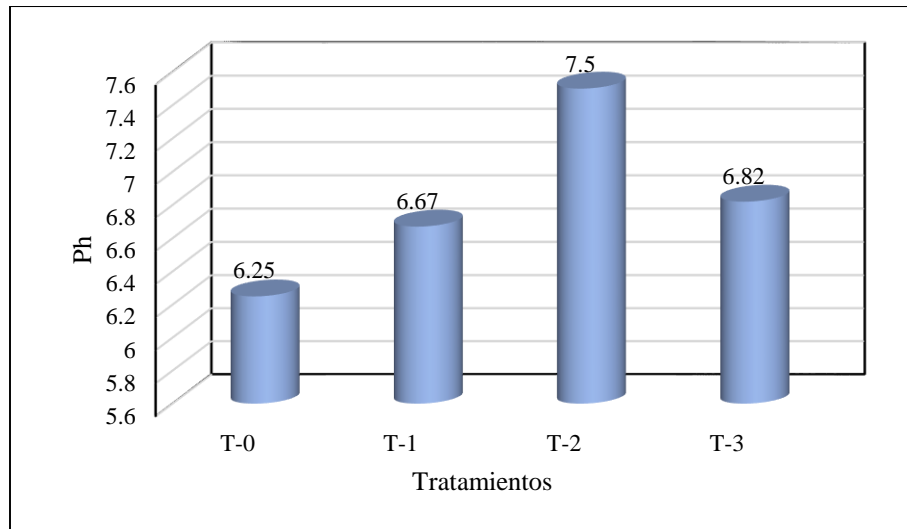
Medio 2-3

Alto > 3

4.7.3. ANÁLISIS DEL PH

En los laboratorios se realiza la estimación del pH usando un potenciómetro que permite conocer el grado de acidez o alcalinidad que presenta un suelo. (Castellanos, 2009)

GRÁFICA N° 14: Nivel de pH en los sustratos



FUENTE: Elaboración propia

En la gráfica podemos observar los distintos tratamientos con diferentes niveles de pH, en el T-0, tierra vegetal, podemos apreciar un pH ligeramente ácido con 6.25, el T-1, compuesto por tierra vegetal más cascarilla de girasol y T-3 compuesto de tierra vegetal más lodo residual, presentan un pH neutro. El T-2 compuesto de tierra vegetal más gallinaza presenta un pH medianamente alcalino.

El contenido de pH en el sustrato con gallinaza es alto, esto pudo producir la mortandad de los plantones en este tratamiento.

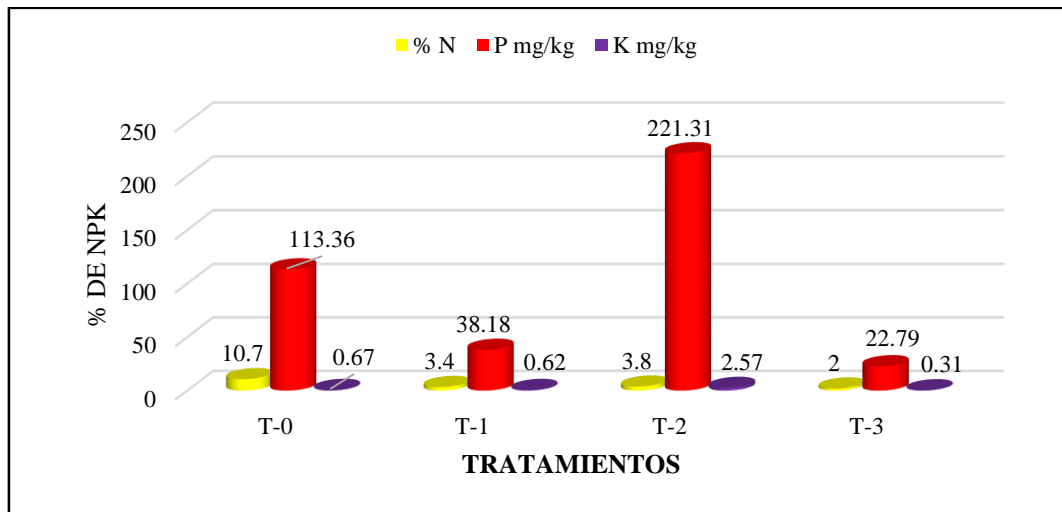
La reacción del suelo o pH es el indicador del grado de acidez o basicidad en el suelo. Cuando el suelo posee un $\text{pH} < 7$ se dice que es ácido y cuando posee un $\text{pH} > 7$ es alcalino. El estado de acidez del suelo es un factor que afecta la disponibilidad de prácticamente todos los nutrientes. Se podría decir que el nivel de pH en el suelo, en el cual se da una disponibilidad promedio para todos los nutrientes, está entre 5.7 y 6.5. El pH influye principalmente sobre la forma en que se encuentra el nutriente en el suelo. (Castellanos, 2009).

4.7.4. COMPONENTES QUÍMICOS DE LOS SUSTRATOS

De los dieciséis elementos esenciales para todas las plantas, nueve son requeridos en grandes cantidades: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre; éstos se conocen como macronutrientes o elementos primarios. Por esta razón, el crecimiento de la planta puede reducirse notablemente cuando hay escasez de uno ellos en el

suelo. Estas limitaciones se presentan frecuentemente en el caso del nitrógeno y del fósforo. (Castellanos, 2009).

GRAFICA N° 15: Contenido de NPK en los sustratos



FUENTE: Elaboración propia

En la gráfica se observa el contenido de NPK que contiene cada sustrato utilizado en el ensayo.

Tierra vegetal (T-0)

Cuenta con un alto contenido de nitrógeno con un 10.7%, el contenido de fósforo es muy elevado, con 113.36 mg/kg. En cuanto al potasio se encuentra en baja concentración con 0.67 mg/kg.

Tierra vegetal + cascarilla de girasol (T-1)

Cuenta con 3.4% de nitrógeno indicando un contenido alto en este sustrato. El fósforo se encontró en una cantidad adecuada con 38.18 mg/kg, el potasio es muy bajo con un contenido de 0,62 mg/kg.

Tierra vegetal + gallinaza

Cuenta con 3.8% de nitrógeno indicando un contenido alto en este sustrato. El fósforo se encontró en una cantidad elevada con 221.31 mg/kg, el potasio es muy bajo con un contenido de 2.57 mg/kg.

Tierra vegetal + lodo residual

Cuanta con 2% de nitrógeno indicando un contenido alto en este sustrato. El fósforo se encontró en una cantidad adecuada con 22.79 mg/kg, el potasio es muy bajo con un contenido de 0.31 mg/kg.

De acuerdo al análisis obtenido los sustratos cuentan con un buen contenido de nitrógeno lo cual ayudo al desarrollo y crecimiento de los plantones.

El contenido de fosforo se presentó muy elevado en el sustrato con gallinaza que pudo causar muerte de las raíces de los plantones.

El potasio en los sustratos es muy bajo y limito el desarrollo de los tejidos y a la lignificación de los plantones.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONE

5.1. CONCLUSIONES

- El sustrato más óptimo para la producción de plantones de algarrobo blanco *prosopis alba griseb* fue el T-1 compuesto por tierra vegetal más cascarilla de girasol.
- El segundo sustrato más óptimo para la producción de plantones de algarrobo blanco *prosopis alba griseb* fue el T-3 compuesto por tierra vegetal más lodo residual.
- Se obtuvo un porcentaje de germinación regular con un 58.1% de semillas germinadas en los tubetes.
- La sobrevivencia en el T-1 y T-3 fue del 100% de los plantones evaluados, el T-0 presento 97.3% de sobrevivencia, el T-2 presento 70.5% de sobrevivencia.
- De acuerdo al índice de esbeltez que se obtuvo de todos los plantones evaluados por cada tratamiento se concluyó que, El T-0 obtuvo 6 plantones, el T-1 14 plantones, el T-2 1 plantón y el T-3 obtuvo 11 plantones de calidad.

- Los sustratos cuentan con un buen contenido de materia orgánica, son de textura gruesa, el contenido de Nitrógeno es bueno, el contenido de fósforo fue muy elevado, y el contenido de potasio fue muy bajo.

5.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos a partir de la presente investigación, se recomienda:

- Utilizar sustratos con mayor proporción de cascarilla de girasol y lodo o sedimento residual con la proyección de incrementar la productividad en crecimiento diametral y longitudinal en la fase de viveros y en la plantación de algarrobo blanco (*prosopis alba griseb*).
- Hacer un registro de fuentes y arboles semilleros en la zona para obtener semillas de mejor calidad y valor cultural y poder realizar producciones a gran escala de esta especie sin problemas al momento de la germinación.
- Utilizar el lodo residual como elemento para enriquecer el suelo en plantaciones de algarrobo blanco ya que en los análisis químicos presento una buena cantidad de macronutrientes.
- Realizar la preparación de los sustratos con tiempo apropiado antes de realizar la siembra de semillas.