

INTRODUCCIÓN

El portainjerto constituye la base fundamental del árbol, determina su vigor, productividad, comportamiento frente a las distintas condiciones del medio como: suelo, calidad del agua, factores ambientales, etc., además de la tolerancia a enfermedades que pueden resultar letales como *Phytophthora*. Por lo tanto, resulta indispensable para el productor disponer de alternativas que se adapten a sus condiciones particulares de cultivo. (Escobedo, 2009).

En Bolivia la producción actual de la palta es insuficiente, puesto que la oferta es indudablemente menor que la demanda, a pesar de que el país posee condiciones agroecológicas favorables para la producción de este fruto, no se ha logrado obtener un verdadero desarrollo del mismo.

Investigaciones realizadas en nuestro país demuestran que existen pocos viveros dedicados a la producción de plantas de aguacate, sobre todo en las provincias de Tarija, esto se puede atribuir, que en la zona baja del Chaco los agricultores no realizan una adecuada selección de semillas para la producción de patrones, los mismos que serán empleados como porta injertos para las variedades comerciales interesantes para el fruticultor, además la falta de personal capacitado para realizar injertos es otra limitante para obtener plantas de buena calidad.

Es por esta razón que se ve la necesidad de realizar el presente trabajo de investigación: Producción de pie portainjerto de palta (*Persea Americana Mill*) en el vivero municipal de la ciudad de Villa Montes mediante la aplicación de aguas de reúso, las cuales se encuentran en las piscinas de estabilización que están cerca del vivero y son una fuente de suministro de agua para riego.

Actualmente hay que resaltar que la reutilización del agua es un factor indispensable para la sociedad, especialmente en tiempos de variabilidad y Cambio Climático, ya que, al ser un recurso renovable, se lo debería tratar como tal.

Las aguas residuales son provenientes de las aguas utilizadas por la población en su cotidiano vivir, éstas pueden ser aguas desechadas de la cocina, baños y duchas como

también las aguas de lluvias, las cuales desembocan por el alcantarillado a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Villa Montes que son administradas por la Entidad Prestadora de Servicios de agua potable y Alcantarillados, (EPSA).

Al contar con las piscinas de estabilización de aguas residuales, cercanas al vivero municipal es que se opta por la aplicación de estas aguas en la frecuencia de riego de nuestro trabajo de investigación.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el crecimiento y desarrollo del pie portainjerto de palta mediante la aplicación de agua de reúso. Aplicando la frecuencia de riego en los tratamientos T1 cada 5 días, T2 cada 10 días, T3 cada 15 días y T0 riego variable. Y determinar cuál de los tratamientos será el más conveniente para la producción de pie portainjerto de palta dependiendo del desarrollo del mismo.

JUSTIFICACIÓN

Es importante iniciar trabajos de investigación e innovación para reactivar la producción del cultivo de Palta en el país como sustento y particularmente en el Chaco, se constituye en una alternativa para la generación de empleos directos e indirectos de los productores campesinos, por tanto, la presente investigación se justifica por lo siguiente:

- La escasa información de producción de la Palta, no permite conocer las preferencias y los requerimientos ecológicos de la especie, por lo que se hace necesario efectuar ensayos de producción de portainjertos para conocer las mejores condiciones para que la especie pueda desarrollarse.
- Asimismo, la importancia de esta investigación radica también, en conseguir información sobre la tolerancia al riego con aguas residuales durante su estadía en vivero, con esto, podría permitir tomar decisiones y acciones oportunas para el desarrollo de programas de plantaciones con palta. Además, por tratarse de un estudio que contempla especies poco estudiados, no solo servirá como instrumento para futuras investigaciones sino también, para

informar, motivar y crear conciencia acerca de la importancia en la economía del productor rural.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento en crecimiento de la especie Palta (*Persea americana Mill*) en su etapa de vivero, aplicando diferentes frecuencias de riego con aguas residuales para obtener portainjertos de calidad, en el vivero municipal de Villa Montes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el porcentaje de germinación de las especies como parámetro del potencial de viabilidad de la semilla.
- Determinar la influencia de las frecuencias de riego con aguas residuales en sus primeros estadios de permanencia en el vivero a través de la medición del crecimiento de los plantones.
- Comparar la calidad de las plantas de cada tratamiento, en base a los valores de crecimiento del diámetro basal, la raíz y el proceso de lignificación.

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

a. Taxonomía

Reino: Vegetal.

División: Magnolíneas.

Clase: Angiospermeae.

Subclase: Dicotyledoneae

Orden: Ranales.

Familia: Lauráceae.

Género: Persea.

Especie: Persea Americana Mill.

Razas: Mejicana, Guatemalteca, Antillana.

Nombres Comunes: aguacate, palta, cura, pagua.

1.1.1 MORFOLOGÍA DE LA PLANTA.

a. Tallo

(Mejía, 2010), indica que Arkadía y Arpaia (2002), manifiestan que la Palta es una especie muy poliforma; sus ramas son bajas, extendidas de forma globulosa o de campana, gruesas y cilíndricas, al principio son verdes-amarillentas y densamente pubescentes; después, son negras, glabras, opacas o con poco brillo y con cicatrices prominentes, abundantes, delgadas y brillantes, sensibles a las quemaduras del sol y a las heladas, se rompen con facilidad al cargar muchos frutos o por acción del viento. Su corteza es áspera y a veces surcada longitudinalmente.

b. Raíz

Según (Mejía, 2010), indica que (Sotomayor 1996) menciona que las raíces de la palta generalmente son superficiales, la profundidad alcanzada puede ser de 1 a 1.5 m en suelos sueltos, aunque puede ser mayor. Esta raíz tiene pocos pelos absorbentes, por lo cual la absorción de agua y nutrientes se realizan principalmente en las puntas de las raíces a través de los tejidos primarios; esto determina la susceptibilidad del árbol al exceso de humedad que induce a la asfixia y ataques de hongos que pudren los tejidos radiculares.

c. Hojas

Las hojas son alternas, aglomeradas en las puntas de las ramas, la base es acunada u obtusa rara vez redondeada y a veces ligeramente oblicua; el ápice es agudo, obtuso o acuminado. Las nervaduras laterales constan de 4 a 10 pares, son transparentes, de color amarillo pálido, con las nervaduras pequeñas translucidas y formando una red densa. Son coriáceas dispuestas en posición alternada, pecioladas, oblongas hasta ovaladas, 8 a 40 cm de largo con base aguda o truncada. Cuando son jóvenes presentan color rojizo, pero maduras, el haz es verde oscuro y con brillo escaso. Pecíolo largo, semicilíndrico, al principio poco pubescente, después glabro, de 1.5 a 5 cm de largo. (Infoagro, 2003).

d. Inflorescencia

(Ibar, 1986), señala que las flores son hermafroditas y raras a veces unisexuales, son actinomorfas, blanquecinas y de pequeño tamaño, y se agrupan en panojas insertas en la axila de las hojas y, más frecuentemente, en la terminación de las ramas; cada flor está unida al eje de la inflorescencia por medio de un pedúnculo que se desarrolla con el fruto y que puede alcanzar hasta 20 cm de longitud.

e. Fruto

(Maldonado, 2006), define como una drupa globosa generalmente piriforme, ovoide de tamaño variable, que puede alcanzar hasta 10 cm longitud y un peso comprendido entre 200 y 1000 gramos. Según la variedad, el epicarpio puede estar constituido por

una fina y lisa película o una corteza gruesa y correosa, de una coloración entre el verde, el gris y el violeta. El mesocarpio, a su vez, está formado por una pulpa de consistencia blanda, de color blanco amarillento que pasa a verde en la proximidad de la piel; tiene un agradable sabor al de las avellanas.

f. Semilla

(Mejía, 2010), nos menciona que (Solares, 1976), expresa que la semilla está cubierta por el endocarpio y en parte interna se encuentra formada por una capa fina que cubre la semilla, tiene forma variada, posee dos cotiledones y un solo embrión. En algunas variedades (poco comerciales) la semilla se mueve dentro de la cavidad del fruto, lo que puede dañar el mesocarpio; la escasa viabilidad de la semilla es sin duda, una de las principales causas de la lenta difusión de esta especie en el mundo.

1.1.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS

Las características climáticas de lo que podríamos llamar zona de la palta son:

- a) Temperaturas medias anuales entre 20 y 26°C.
- b) Temperaturas no inferiores a -5°C.
- c) No persistencia, durante muchos días, de temperaturas de 0°C.
- d) Pluviosidad anual entre 800-2000 mm repartida durante todo el año, pero, con mayor intensidad, durante los meses cálidos.
- e) Humedad atmosférica elevada.

(Mejía, 2010), la palta no resiste la sequedad del aire ni los vientos demasiado fuertes, sobre todo durante la floración e inicial desarrollo del fruto según (Ibar, 1979).

En general la temperatura óptima, de crecimiento está alrededor de 25 a 30°C en el día y 15 a 20°C durante la noche. El cultivo puede tolerar hasta temperaturas de 40°C, pero una exposición prolongada a éstas con una humedad relativa baja, resulta en estrés y pérdida de rendimientos del cultivo (Page, 1984).

1.1.3 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

1.1.3.1 Suelo

El requisito más importante para un cultivo de la palta es un suelo suelto y bien drenado. Si no se da esta condición, si son suelos que se inundan o retienen mucha agua, es mejor descartar este cultivo y pensar en otro (Galán, 1990).

Las raíces de la palta son muy sensibles a la deficiencia de oxígeno asociada con suelos mal drenados, encharcados o compactos y son suficientes unas pocas horas bajo esta situación para que se asfixien y mueran. Además, bajo oxígeno y alta humedad son condiciones óptimas para el crecimiento de hongos que puedan causar la pudrición de la raíz (Galan, 1990).

Los mejores suelos para la palta son los franco-arenosos, bien drenados y sueltos, con un pH entre 6 y 7.

1.1.4 ENFERMEDADES PRINCIPALES

La podredumbre de las raíces es la enfermedad más grave que ataca a la palta. Es producida por el hongo del suelo *Phytophthora cinnamomi*, que destruye el sistema radicular ocasionando la muerte del árbol, de aquí la importancia que tiene evitar la introducción y propagación de esta enfermedad en aquellas áreas que se están poniendo en cultivo (Álvarez, 1981).

Según (Ploetz *et al.* 1994), síntomas similares presenta el hongo *Rosellinia necatrix*, destruyendo el sistema radicular, ocasionando con el tiempo la muerte del árbol. Por esto, es importante evitar que las semillas no estén contaminadas por este hongo.

(Según Ploetz *et al.* 1994), otro hongo importante que ataca el cultivo es el *Armillaria mellea*, el cual se puede presentar en áreas pequeñas causando la destrucción radicular y posterior muerte del árbol, lo cual hace importante su prevención.

1.1.5 PROPAGACIÓN DE LA PALTA

1.1.5.1 PROPAGACIÓN POR SEMILLAS

(Solares, 1976), publica que la palta se puede propagar por semilla o por injerto. La propagación por semilla no es recomendable para plantaciones comerciales debido a la gran variabilidad que ocurre en producción y calidad de fruto según (Mejía, 2010).

1.1.5.1.1 Selección de árboles semilleros

(Mejía, 2010), indica que de acuerdo a (Solares, 1977), deberá escogerse variedades originarias y cultivadas de antiguo en una determinada región, adaptadas a su clima y suelo; por lo tanto, resistentes y que arraigue bien donde van destinados, deben tener una buena afinidad con la variedad a la que debe ser injertados.

Las semillas se obtendrán de árboles sanos y sin parásitos, cuya apariencia sea fuerte y regular; los especialistas en viveros suelen mantener a sus árboles semilleros en lugares apartados de la plantación y utilizan polinizadores de los dos grupos, pero siempre del mismo grupo ecológico, lo que es difícil conseguir en las zonas de cultivo; simplemente debemos limitarnos a que las semillas pertenezcan a una sola variedad. (Solares, 1976) según indica (Mejía, 2010).

(Ibar, 1986), recomienda que es bueno elegir semillas de mayor tamaño posible, ya que su poder germinativo es mayor y, además, las plantas tienen un desarrollo más vigoroso y rápido. Las semillas también se deben elegir sanas y bien formadas que provengan de preferencia de frutos maduros que hayan alcanzado el tamaño corriente en la variedad. Sembrar las semillas a ser posible, inmediatamente extraídas del fruto, ya que su poder germinativo dura poco; es importante evitar su deshidratación manteniéndolas guardadas en arena, aserrín o musgo, ligeramente húmedas.

1.1.5.1.2 Preparación de semillas

Antes de sembrar, limpiar bien las semillas para quitar cualquier resto del fruto, y si es posible también la delgada cubierta exterior que recubre el pericarpio, con lo cual se consigue una germinación más rápida y unos patrones de desarrollo más vivaz y homogéneo además se recomienda cortar la parte angosta de la semilla, en un tramo

de una cuarta parte del largo total, para ayudar así a la salida del brote y para hacer una primera selección, ya que el corte permite eliminar las semillas que no presenten el color natural blanco amarillento, debido a podredumbre, lesiones o cualquier otro daño. (Ibar, 1986).

1.1.5.1.3 Siembra

(Ibar, 1986), indica que la semilla se debe colocar con la punta hacia arriba, de forma que sobresalga un poco de la tierra, cubriéndola con una capa de 1-2cm de grosor de arena fina, con la finalidad de conservar más tiempo la humedad de los riegos.

El mismo autor indica que con el objeto de aumentar el calor y acelerar el proceso germinativo, es muy conveniente cubrir las macetas con una lámina de polietileno negro y regarlas a menudo un par de veces por semana, con el fin de mantener constantemente la humedad, evitando excesos que, de producir encharcamientos, podrían provocar podredumbres en la semilla.

1.1.5.1.4 Germinación

Para poder obtener una germinación de la semilla de forma más acelerada es recomendable realizar la remoción de la cubierta que recubre la semilla ayudando a la vez a prevenir el ataque de gérmenes patógenos que posiblemente se encuentren en dicha cubierta.

Las semillas tardarán en germinar de treinta a sesenta días, aproximadamente, dependiendo ello de la época de realización del semillero y de si éste se sitúa bajo cubierto, en invernadero de plástico o al aire libre (Alvarez, 1981).

1.1.5.2 PROPAGACIÓN POR INJERTOS

La propagación por injerto, es el método más apropiado para reproducir las variedades seleccionadas para cultivo comercial, ya que los árboles injertados son uniformes en cuanto a la calidad, forma y tamaño de la fruta. (Infoagro, 2003).

(Infoagro, 2003), nos dice que (Calderón, 1993), menciona que es sin duda alguna el injerto el procedimiento normal de propagación de los árboles frutales y el que se usa con mayor frecuencia.

La operación de injertar consiste en unir un organismo o parte de él con otro o parte de otro, de tal forma que haya intercambio de materiales (savia) entre ambos. Se trata pues, de una simbiosis o asociación, creada artificialmente.

(Hartman, 1964), manifiesta que la operación puede realizarse en el vivero o en el sitio definitivo de plantación; sin embargo, lo recomendable es hacerla en el vivero mencionado por (Ibar, 1986).

El mismo autor indica que el injerto se realiza cuando el tallo de la planta patrón tiene 1cm. de diámetro (aproximadamente 6 meses después de la siembra) y a 20cm. de la base. Debe realizarse en un lugar fresco y aireado para lograr una buena unión vascular entre el patrón y el injerto.

(Ibar 1986), menciona que la consolidación del injerto se realiza en dos fases: en la primera se realiza la unión directa de las superficies de los tejidos puestos en contacto y el paso de la savia bruta; el injerto puede permanecer durante mucho tiempo en esta fase; con el buen tiempo, al renacer la vitalidad de las plantas, tiene lugar la segunda fase o sea la de producción de tejidos nuevos por funcionamiento de las capas generatrices.

Según (Mejía, 2010), menciona que (Guzmán, 1988), indica que el injerto debe provenir de plantas sanas, vigorosas, de elevada productividad, tanto en calidad como en cantidad de frutas, con corteza lisa, sana y brillante con yemas desarrolladas y buena presentación de las características de la variedad a propagar.

1.2 LOS PORTAINJERTOS

Un portainjerto (también denominado patrón o pie) es la planta en que se hace un injerto. En su conjunto, el portainjerto y el injerto constituyen un nuevo individuo bimembre, al cual el portainjerto aporta la sección basal que incluye el sistema radical y al menos una porción de tallo, lignificado (tronco) o no. Por su

parte el injerto, constituido por una yema o por un pequeño esqueje con varias yemas de otra planta, conformará la copa o parte superior del nuevo ejemplar, con sus ramas, hojas, flores y frutos. De la unión del injerto con el portainjerto se obtiene una planta compuesta de dos secciones provenientes de individuos distintos, que mostrará un comportamiento particular.

(Castro, 2005), señala que una planta injertada de crecimiento lento sobre un pie vigoroso, crece varias veces más de prisa que si no lo estuviera, de esta manera se obtiene esquejes o se puede vender antes de lo que se pudiera creer. Con el injerto también se acelera la floración y con ello la provisión de semillas, muy útil para incrementar la producción de especies raras o que difícilmente produce semillas. Citado por (Mejía, 2010).

Los portainjertos modernos ofrecen una amplia variedad de posibilidades para producir diversos cultivos, incluidos los tomates, de la forma más eficaz y efectiva posible.

Algunos motivos para utilizar portainjertos son:

1. Mayor resistencia a enfermedades.
2. Mejor calidad de los frutos.
3. Mayor resistencia frente a diferencias de temperatura y sequía.
4. Estructuras de raíces más fuertes y mejoradas.
5. Plantas más fuertes en verano.
6. Mejor tolerancia al frío.
7. Mayor resistencia a infecciones y mejor recuperación tras una infección.
8. Mejor establecimiento de la planta en condiciones difíciles.
9. Crecimiento vigoroso para un ciclo de cultivo más prolongado.

Si bien la técnica de propagación por injerto en palto está siendo utilizada hace varios años en plantaciones comerciales de países como Chile, EE.UU. y Sudáfrica.

El cultivo de la palta es una de las especies frutales más importantes de la industria hortofrutícola chilena. Chile ocupa el tercer lugar en importancia en relación a la superficie plantada alcanzando ya las 44.000 hectáreas. (M. Castro *et al* 2008).

Por otra parte, el mismo autor indica que Chile es actualmente junto a EE.UU. el segundo productor a nivel mundial y también el segundo exportador con México. Sin embargo, a nivel tecnológico presenta varias dificultades que determinan que su productividad se encuentre en niveles sub óptimos con respecto a su potencial.

Las principales limitantes que enfrentan hoy el cultivo son: suelos salinos, presencia de carbonatos, incidencia de la tristeza del palto causado por el hongo *Phytophthora cinnamomi* replante y utilización de portainjertos de semillas. Hasta algunos años atrás este aspecto no fue relevante debido principalmente a dos situaciones: en primer lugar, a que las condiciones de mercado eran más bien estables y promisorias, por lo cual, a pesar de existir problemas de productividad, el cultivo se proyectaba rentable y, por otra parte, las plantaciones se establecían en suelos sin mayores limitantes, es decir, suelos planos y fértiles.

No obstante, lo anterior, las condiciones actuales de mercado y de cultivo han variado, la mayor competitividad que enfrenta actualmente la industria y el desplazamiento del cultivo a zonas con limitantes edáficas hace que actualmente se requiera herramientas como el uso de portainjertos, a objeto de ser más eficientes en los rendimientos. En consecuencia, urge aumentar los niveles y calidad de la fruta producida para lo cual la elección de un buen portainjerto es un aspecto clave que puede definir el éxito o fracaso de una plantación (C. Fassio *et al* 2008).

Está demostrado que el uso de portainjertos es clave para la mejora sustantiva de los rendimientos, calidad de frutos y la explotación de cultivos en sitios con limitantes edáficas. Es por ello que la selección y obtención de portainjertos representa uno de los desafíos más complejos de la fruticultura moderna, ya que requiere del estudio acucioso, progresivo y de largo plazo de unas series de variables. (C. Fassio *et al* 2008).

A nivel mundial, la selección de portainjertos de palta en países como EE.UU., Sudáfrica y Australia se ha enfocado principalmente a la búsqueda de portainjertos resistentes o tolerantes al hongo patógeno *Phytophthora cinnamomi*.

1.3 UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO

El uso de aguas residuales para el riego de cultivos es cada vez más común. El rendimiento de los cultivos es superior, ya que las aguas residuales contienen nutrientes para el desarrollo de las plantas. Sin embargo, existe el riesgo de que el riego con aguas residuales facilite la transmisión de enfermedades relacionadas con nematodos intestinales y bacterias fecales a consumidores y agricultores.

Las aguas residuales son una importante fuente adicional para satisfacer la demanda del recurso, a causa de la disponibilidad limitada de agua potable para cubrir los requerimientos de las poblaciones, los bajos costos, los beneficios para los suelos agrícolas y la disminución del impacto sobre el ambiente. Sin embargo, el predominio del uso de aguas residuales crudas o diluidas con aguas superficiales y el bajo porcentaje de aguas residuales tratadas en Bolivia generan riesgos en la salud pública, en especial cuando se utilizan para riego de cultivos para consumo directo.

1.3.1 Aguas Residuales

Las aguas residuales son provenientes de tocadores, baños, regaderas o duchas, cocinas, etc; que son desechados a las alcantarillas o cloacas. En muchas áreas, las aguas residuales también incluyen algunas aguas sucias provenientes de industrias y comercios. La división del agua casera drenada en aguas grises y aguas negras es más común en el mundo desarrollado, el agua negra es la que procede de inodoros y orinales y el agua gris, procedente de piletas y bañeras, puede ser usada en riego de plantas y reciclada en el uso de inodoros, donde se transforma en agua negra.

El reúso de las aguas residuales es una práctica que se realiza desde hace varias décadas en diferentes partes del mundo, esto debido principalmente a la escasez de agua y a los beneficios que se tienen por la carga de nutrientes que lleva el agua residual. (MMAyA/PERIAGUA, 2013).

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se diseñan para producir efluentes que garanticen el cumplimiento de estándares de calidad, de acuerdo con las reglamentaciones existentes y con el aprovechamiento potencial del efluente, minimizando los problemas de salud pública.

1.3.2 Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales

El tratamiento de aguas residuales, también conocido como proceso de depuración, es un sistema para remover contaminantes del agua. Eventualmente el agua usada se descontamina a través de medios naturales, pero eso requiere mucho tiempo; en una planta de tratamiento se acelera este proceso. Así podemos reutilizar el agua en actividades diversas como la agricultura, la industria y la recreación. (Interapas, 2014).

Existen varios niveles de defensa: pre-tratamiento, tratamiento primario, secundario, avanzado y varios tratamientos especiales que se pueden utilizar después de todos ellos. El proceso de defensa o saneamiento inicia desde el momento en que el agua potable es utilizada y arroja al drenaje, así la red de drenaje se convierte en la columna vertebral para la captación y transporte de aguas negras o residuales.

a. Pre-tratamiento

Es esencialmente físico; la primera etapa es la descontaminación, en esta fase se remueven sólidos presentes en las aguas residuales, a través de rejillas (basura, etc.), y desarenadores (partículas pesadas como grava, arena y semillas).

b. Tratamiento Primario

Puede ser físico o físico-químico y se realiza en tanques de sedimentación para remover parte de los contaminantes y retirarlos como lodo en el fondo de los tanques. Este lodo después de ser procesado, es muy usado como abono.

c. Tratamiento Secundario

Es esencialmente biológico, en esta etapa las bacterias benéficas se emplean intencionalmente para consumir otra parte de contaminantes que no fueron removidos

en el tratamiento primario. La aireación, es decir, la incorporación de oxígeno o aire al agua contribuye al crecimiento bacteriano.

d. Tratamiento avanzado

Después de los tratamientos anteriores, se ha logrado eliminar un 85 % de los contaminantes de las aguas residuales y queda por eliminar los nutrientes que favorecen el crecimiento de la flora acuática (algas y lirios), como son el fósforo y el amoníaco que proviene del escurrimiento agrícola, de desechos humanos y del uso de detergentes. Estos son eliminados por medio de:

Filtración: A través de materiales granulares de diversos tipos y tamaños, tales como arena y carbón.

Desinfección: Es la etapa final en la que se utilizan productos químicos como el cloro. La luz solar desinfecta el agua de forma natural, por lo que se pueden usar luces especiales que emiten rayos ultravioletas. (Interapas, 2014).

1.3.3 Técnicas que ayudan en el proceso del tratamiento de aguas residuales

a. Lodos activos

Mezclan las aguas residuales con los microorganismos. Mediante la aireación los microorganismos pueden absorber oxígeno y comienzan a comer a los contaminantes. Después de unas horas las aguas residuales fluyen hacia un tanque de sedimentación donde los sólidos se sedimentan.

b. Filtros percoladores

Distribuyen las aguas residuales sobre un lecho de material parecido a la roca, las airean y producen una capa de crecimiento biológico de bacterias, protozoos y hongos que comen a los contaminantes, eliminando la materia orgánica.

c. Lagunas de Estabilización

En ellas los residuos se descomponen mediante diversos tipos de bacterias aeróbicas, que se comen a los contaminantes y consumen oxígeno mediante el proceso y anaeróbicas que comen a los contaminantes y liberan nitrógeno y fósforo que

alimentan a las algas, las cuales a su vez reemplazan el oxígeno consumido por las bacterias aeróbicas. (Interapas, 2014).

A escala mundial se utiliza el reusó del agua para abastecimiento de agua potable mediante tratamiento a nivel terciario, recargándola en el subsuelo y extrayéndola después de 6 meses o 2 años, según su nivel de tratamiento.

En Colombia y en general en los países de América Latina, el nivel máximo aplicado es el secundario, por costos y porque los criterios de vertimiento de efluentes en los cuerpos receptores establecidos por sus legislaciones se cumplen con este nivel; en algunos casos se realiza desinfección como etapa final del tratamiento.

Países como México usan estos efluentes para riego de jardines y con uso restringido, lo hacen en la industria o en servicios sanitarios. (Lopera, 2011).

1.3.4 Usos de Aguas Residuales en otros países

En la Sabana de Bogotá, en el distrito de riego y drenaje de la Ramada, se riegan 3.500 ha de cultivos de hortalizas, flores y pastos con un caudal de 1,5 m³ de agua bombeada del río Bogotá, que pasan a través de humedales naturales como forma de tratamiento (Gradex, 1996) citado por (Lopera, 2011).

Colombia cuenta con una superficie irrigada con aguas residuales de 1.230.193 ha, con 27% de agua residual tratada y 73% sin tratar, por lo general diluida con aguas superficiales; al igual que sucede en toda América Latina, no se cuenta con información completa y confiable sobre el tema del reuso (Cepis, 2003) y solamente 8% del total de aguas residuales que se producen diariamente es tratado (WSP et al., 2007) citado por (Lopera, 2011).

Por otra parte, el riego con aguas residuales en Bolivia es una realidad que se la vive a diario en los diferentes municipios, principalmente en el departamento de Cochabamba, que según estudio realizados tiene el 46% del aprovechamiento de aguas residuales tratadas y sin tratar. (MMAyA/PERIAGUA.2013).

Aproximadamente se calculó que se riegan unas 5.700 ha con aguas residuales. Un punto que merece ser resaltado es que la mayor área de riego que aprovecha estas

aguas de baja calidad, se encuentra en los valles cochabambinos (altos, medios y bajos), principalmente en la cuenca del río Rocha que recibe aguas predominantemente de clase domiciliaria e industrial. Se podría decir, que los regantes están completamente organizados en torno a este recurso, ya que tienen horas establecidas de uso. Cuentan con canales y compuertas que son de utilidad para llevar el agua residual directamente hasta sus parcelas; algunos, inclusive, se dedican a extraer el agua residual del río con bombas de diferentes capacidades, para luego conducirla a los diferentes usuarios y agricultores. (MMAyA/PERIAGUA.2013).

1.3.5 Usos posibles para las aguas residuales en Bolivia

En ese contexto, el reúso de las aguas residuales tratadas en centros urbanos emerge como una importante fuente de agua, teniendo como principales potencialidades las siguientes:

a. Recarga de acuíferos

La importancia de las aguas residuales tratadas en la recarga de acuíferos radica principalmente en su contribución a los mantos freáticos superficiales, por lo cual, es necesario bajar los niveles de contaminación de este tipo de aguas para garantizar la calidad de los acuíferos.

b. Reúso de aguas en la industria

El aprovechamiento de aguas residuales tratadas en los procesos de transformación de la industria, por ejemplo, en el enfriamiento de maquinaria y reactores que consumen alta energía, como también en el lavado de equipos y vehículos de carga.

c. Reúso de aguas en actividades mineras y petroleras

En las actividades mineras y petroleras el reúso de aguas se da principalmente en el enfriamiento de maquinaria de extracción o perforación, como también, en el lavado y separación de minerales.

d. Reúso de aguas en paisajismo

Los centros recreativos tienen una alta demanda de agua debido al riego de áreas verdes, por lo que el reúso de aguas es un factor importante para lograr una disminución en el consumo y costos de usos por agua limpia. Esto se da principalmente en campos de golf, parques, plazas, canchas, etc.

e. Reúso de aguas en la agricultura

El agua disponible para la agricultura en el país no es suficiente para regar los terrenos cultivables, aumentando así la necesidad de utilización de aguas residuales urbanas que, además, en su composición química, contienen elevados valores de nutrientes beneficiosos para el desarrollo de los cultivos, reduciendo la necesidad de la adquisición de fertilizantes. (MMAyA/PERIAGUA.2013).

1.3.6 Ventajas y limitaciones del uso de aguas residuales.

1.3.6.1 Ventajas.

El riego con aguas residuales se está incrementando notablemente en los últimos años debido a las siguientes ventajas:

- Disponibilidad permanente de agua;
- Aporte de gran cantidad de nutrientes;
- Incremento del rendimiento de los cultivos;
- Mejora de la calidad de los suelos (textura); y
- Ampliación de la frontera agrícola.

Las áreas agrícolas cercanas a la ciudad además de abastecer alimentos, también contribuyen a recargar el acuífero, oxigenar el ambiente urbano y mantener un nivel de precipitación estable. (Moscoso, 2002).

1.3.6.2 Ampliación de la frontera agrícola

Un caso típico de aprovechamiento de aguas residuales para ampliar la frontera agrícola es el valle Mezquital, en donde se han habilitado 70.000 ha agrícolas gracias

a un aporte de 43 m³/s de las aguas residuales generadas por la ciudad de México. (Moscoso, 2002).

Otro caso similar es el de la costa peruana en donde existen 760.000 hectáreas cultivadas, equivalentes solo a 46% del área agrícola potencial. El resto no ha sido incorporado a la agricultura por la carencia de agua, sin embargo, es posible duplicar la superficie cultivada mediante proyectos de irrigación que incluyan el uso de aguas residuales tratadas.

Es por ello que en 1991 el Ministerio de Agricultura del Perú inició el Proyecto Nacional de Riego con Aguas Servidas Tratadas para ampliar la frontera agrícola de la costa en 18.000 ha a ser regadas con 20 m³ de desagües producidos por las principales ciudades de esa zona. (Moscoso, 2002).

La innovación en la Hacienda Kandire, de la comunidad de Boyuibe del departamento de Santa Cruz, en la propiedad del Sr. Víctor Ciro Lozano, consiste en la producción de *pastos de corte*, a través del manejo de agua de reusó.

Para este cometido el empresario, siendo colindante su propiedad con la laguna de oxidación de la EPSA Boyuibe, donde se concentran aguas residuales de la localidad. Implementa un proceso de producción de pasto de corte, en primer lugar, las aguas residuales son bombeadas con el apoyo de mangas, en segundo tiene un proceso de purificación y son vertidos a su propiedad donde cuenta con pastos mejorados (Taiwan y maralfalfa), finalmente con este pasto- forraje mejorado alimentan a su hato ganadero a lo largo del año. Este proceso contempla pruebas de laboratorio de las aguas residuales, para el análisis de su inocuidad. (INIAF, 2015).

En las evaluaciones se obtuvo rendimientos en pastos de 72 días después de un corte con una producción de materia verde según el siguiente detalle: Maralfalfa (44,5 Tn), Taiwán Verde (75,6 ton.) y Taiwán Morado (105,6 ton.). En el marco de este modelo de manejo de producción de pasto, considerando las condiciones del Chaco estos pastos a determinadas edades de corte podrían rendir cuatro cortes al año.

En cuanto a costos productivos según datos del productor, en lo que respecta al forraje ha invertido en costos fijos y variables, aproximadamente 2.500 \$us. Y ha percibido ganancias por alrededor de 3.000 \$US, considerando que los costos fijos ya están invertidos, la ampliación a 2 hectáreas generará mejores ingresos. (INIAF, 2015).

1.3.6.3 Limitaciones

Aun cuando estas importantes ventajas justifican ampliamente el uso de las aguas residuales en agricultura, también existen las siguientes restricciones o riesgos potenciales que se deben tomar en cuenta:

- La contaminación microbiológica de los productos;
- La bioacumulación de elementos tóxicos;
- La salinización e impermeabilización del suelo; y
- El desbalance de nutrientes en el suelo.

Sin embargo, existen diversas estrategias de manejo agrícola que pueden reducir significativamente estos riesgos potenciales. (Moscoso, 2002).

Cuando el sistema de tratamiento no asegura la calidad óptima, es necesario seleccionar los cultivos según las características del efluente generado para evitar riesgos potenciales a la salud. Bajo este criterio, los cultivos se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- a) Forestales: maderables y de protección ambiental
- b) Ornamentales: zonas sin acceso o acceso limitado al público
- c) Forrajes: de pastoreo directo y cosechado
- d) Alimenticios: de consumo crudo y cocido

Los primeros cultivos son los menos exigentes en la calidad del agua, ya que no son comestibles ni involucran un contacto directo con el público. En cambio, se requiere una alta calidad sanitaria para los cultivos alimenticios, especialmente los que se consumen crudos. (Moscoso, 2002).

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El experimento fue realizado dentro de los predios del Vivero Municipal de la localidad de Villa Montes del departamento de Tarija. El cual se encuentra establecido en la misma ciudad de Villa Montes, en el Barrio Ferroviario Bajo, con una cercanía a las piscinas de estabilización de aguas residuales que son administradas por la Entidad Prestadora de Servicios de agua potable y Alcantarillados, (EPSA).

El vivero forma parte de la Alcaldía Municipal de la ciudad de Villa Montes, bajo dirección de la Institución de SMDELP (Secretaría Municipal de Desarrollo productivo Económico Plural).

Actualmente se encuentra bajo cargo de la Ingeniera Agrónoma Nathaly Estrada. Cuenta con la estructura de vivero permanente, está previamente cercado, y tiene accesibilidad a las piscinas de aguas residuales de donde se obtiene el agua para riego de las plantas.

2.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

El vivero municipal de villa montes se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas $21^{\circ}16'46.2''S$ $63^{\circ}26'49.9''W$. Ver Anexo N°1 en Anexos.

2.1.2 ASPECTOS ESPACIALES

Villa Montes es un municipio y ciudad del sur de Bolivia, ubicado en el departamento de Tarija, dentro de la primera región autónoma de Bolivia, el Gran Chaco.

Está ubicada en las laderas de la Serranía del Aguaragüe. Forma parte de la provincia del Gran Chaco, y está situada en coordenadas $21^{\circ}15'39''S$ $63^{\circ}28'34''O$, a 390 m sobre el nivel de mar. (PDM Villa Montes 2011-2015).

Limita al norte con el departamento de Chuquisaca, al sur con el Municipio de Yacuiba y la República de la Argentina, al este con Paraguay y al oeste con la Provincia de O'Connor del departamento de Tarija. (PDM Villa Montes, 2015).

2.1.2.1 Población

Villa Montes tuvo una población de 11.086 habitantes en 1992 (censo), 16.214 habitantes en 2001 (censo), y 39.800 habitantes al año 2012 según censo. (PDM Villa Montes 2015).

2.1.2.2 Extensión

El territorio del Municipio de Villa Montes cuenta con una superficie de 11.300 km². Que representa el 64.84 % de la superficie Provincial, el 30.03 % Departamental y el 1.03 % del territorio Nacional. (PDM Villa Montes 2015).

2.1.2.3 División política

Desde el año 1995, por resolución de la junta municipal N° 041/95, el municipio está sub dividido en 11 distritos, de los cuales cuatro son urbanos y siete rurales. Los distritos urbanos están compuestos por 13 barrios mientras que los distritos rurales por 69 comunidades. (PDM Villa Montes 2015).

2.1.3 ASPECTO FÍSICO – NATURALES

2.1.3.1 Descripción Fisiográfica

El Municipio de Villa Montes tiene tres sistemas fisiográficos Pie de Monte, Zona de Transición y la Llanura Chaqueña. (PDM Villa Montes 2015).

2.1.3.2 Temperatura

La temperatura promedio es de 2.4 °C en Villa Montes y de 25.3 °C en Galpones. Los promedios mensuales de temperatura para los diferentes lugares según épocas pueden variar hasta en 10 °C.

En invierno las temperaturas pueden bajar hasta extremos de -5 a -7 °C en las noches, causado por el ingreso de periodos cortos con “surazos”, vientos fríos y húmedos, y en verano las temperaturas pueden subir hasta 49 °C. (PDM Villa Montes 2015).

2.1.3.3 Precipitaciones pluviales

El clima depende en gran medida del relieve y de su variación altitudinal, que va desde los 262 msnm en el extremo sudeste (Esmeralda), hasta cerca de los 2.000 msnm, en la cordillera del Aguaragüe en el extremo oeste, diferenciándose 2 pisos altitudinales: Piso basal o de baja altitud (0-500 msnm) y submontaño (500-1500 msnm), de acuerdo al estudio FAO-UNESCO, 1973, adaptado para Bolivia.

El municipio de Villa Montes tiene una precipitación promedio anual de 902.5 mm. De los cuales el 80% se distribuye entre los meses de noviembre a mayo. (PDM Villa Montes 2015).

2.1.3.4 Heladas

Las heladas son condicionante en la producción agrícola, que los productores tienen que tomar en cuenta a la hora de decidir que cultivo producir, durante los meses de riesgo de ocurrencia de heladas (junio - agosto). (PDM Villa Montes 2015).

2.1.3.5 Sequías

En el municipio de Villa Montes, las olas de sequías son prolonga por falta de precipitaciones ocasionan pérdidas considerables en agricultura y ganadería. Siendo un problema que se presenta todos los años poniendo a la población en situación de emergencia. (PDM Villa Montes 2015).

2.1.3.6 Vientos

En el municipio de Villa Montes, la época de mayores vientos ocurre durante los meses de julio y agosto con vientos predominantes del sur y norte. A una velocidad de 7,5 km/hr media anual (PDM Villa Montes 2015).

2.1.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – BIOLÓGICAS DEL ÁMBITO RURAL

2.1.4.1 Suelos

La zona noreste del municipio se constituye de la llanura propiamente, donde se identifica un relieve casi plano a ligeramente ondulado (0 - 2%), y se constituye de superficies de la llanura y depresiones, con una elevación entre 350 y 550 msnm. En general los suelos son profundos, de texturas franco-limosas, franco-arcillo-limoso, formadas en material no consolidado, de depósitos coluviales y fluviales, con drenaje bueno a rápido en las superficies de la llanura, e imperfecto en las depresiones. Las características químicas muestran que localmente se presenta leve salinidad, y el que la disponibilidad de nutrientes generalmente es buena, con excepción de carbón orgánico que es bajo a muy bajo. El grado de erosión es ligero, sobre todo de tipo laminar e hídrico. (PDM Villa Montes 2015).

2.1.4.2 Recursos hídricos

Por la importancia y la escasez del recurso agua, sobre todo para el sector pecuario, pero también para la agricultura y el consumo humano, se realiza un análisis con mayor detalle en cuanto a las condiciones hidrogeológicas e hidroquímicas. (PDM Villa Montes 2015).

2.1.4.3 Aguas superficiales

La fuente de agua más importante de régimen permanente es el río Pilcomayo. Tiene su origen en la cordillera de Los Frailes (departamento Potosí), y atraviesa la sección municipal de Villa Montes de noroeste a sudeste, con una longitud de 245 Km.

El río Pilcomayo, tiene una longitud de 760 kilómetros en su totalidad en territorio boliviano, sus altitudes van desde los 265 a los 5.200 msnm. Según datos registrados en el informe de monitoreo de ADEPESCA (1998), en la estación de monitoreo de Villa Montes el río Pilcomayo alcanza una profundidad de 6.6 m y un ancho de 150 m. La misma estación consigna un caudal promedio anual del río en 203,14 m³/s, con un máximo anual de 387 m³/s y un mínimo anual de 99 m³/s.

2.2 MATERIALES

2.2.1 Materiales

- ✓ Reglas
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Bolígrafos
- ✓ Planillas
- ✓ Cámara Fotográfica
- ✓ Documentos de campo
- ✓ Letreros de Identificación
- ✓ Vernier (calibrador pie de rey)
- ✓ Balanza
- ✓ Estufa
- ✓ Platos plásticos
- ✓ Mastín

2.2.2 Herramientas

- ✓ Palas
- ✓ Carretilla
- ✓ Manguera
- ✓ Regadera
- ✓ Metro
- ✓ Martillo

2.2.3 Insumos

- ✓ Semillas de palta
- ✓ Bolsas plásticas polietileno 18cm x 20 cm
- ✓ Poli sombra 60%
- ✓ Tierra Vegetal
- ✓ Limo

2.3 MÉTODOS

2.3.1 Selección de árboles semilleros

Las semillas que se utilizaron en este ensayo fueron de árboles criollos, procedentes de la comunidad de Tarairi que pertenece al Municipio de Villa Montes. Esto para aprovechar sus propiedades de resistencia a enfermedades, mayor crecimiento radicular y su adaptabilidad a los suelos para que al desarrollar sean luego utilizados como patrones o portainjertos en la producción. Ver Anexo N°5 en Anexos.

Las semillas fueron recolectadas de forma manual, posteriormente se seleccionó las más grandes y libres de ataques de hongos o de animales. Las semillas fueron sometidas a los siguientes tratamientos:

- ✓ Se limpió con una franela los residuos de pulpa adheridos en cada una de las semillas.
- ✓ Luego se sometió las semillas a la luz del sol durante 30 minutos, con la finalidad de que el endocarpio se seque.

- ✓ Se quitó el endocarpio de la semilla manualmente para lograr una buena desinfección de la misma.

2.3.2 Preparación y limpieza del terreno en el vivero

En el vivero municipal se contaba con las platabandas construidas, solo se procedió a limpiar y cubrir con la media sombra la parte del techo de las platabandas.

Dentro de las platabandas se diseñó 3 unidades experimentales, cada unidad con 3 bloques y dentro de los bloques los 4 tratamientos. Ver Anexo N°6 en Anexos.

2.3.3 Mezcla de sustratos

Se preparó la mezcla del sustrato de tierra vegetal 70% y cascarilla de girasol 30%, removiendo con una pala varias veces hasta que estuvo bien mezclado. Ver Anexo N°6 en Anexos.

En el caso del cultivo de la palta, es imprescindible que la mezcla del sustrato que se usa para llenar la bolsa este desinfectada, debido a la alta susceptibilidad de las raíces de esta planta a enfermedades del suelo (como es el caso de *Phytophthora cinnamomi*), que se pueden transmitir fácilmente si el sustrato no es bien desinfectado.

Luego de mezclar el sustrato, se procedió a la desinfección del sustrato utilizando insecticida ACTARA 250WG de la siguiente manera:

Se mezcló, el sustrato y al mismo tiempo con ayuda de una mochila fumigadora se pulverizo el ACTARA 250WG en una proporción de 40 gr por cada 20 litros de agua, una vez mezclado el sustrato con el ACTARA 250WG se le cubrió por 2 días para su mayor efectividad.

2.3.4 Enfundado de sustratos

Teniendo el sustrato ya desinfectado se procedió a llenar las bolsas de polietileno negro con una medida de 18 cm por 20 cm, se le realizo perforaciones en la parte inferior con la finalidad de que el agua no se retenga causando así la pudrición de la semilla. Ver Anexo N°6 en Anexos.

2.3.5 Ubicación de las bolsas polietileno en las platabandas

Las macetas con su respectiva identificación fueron ubicadas dentro de las platabandas, en donde, la unidad experimental fue conformada por 144 bolsas, con una separación de 40 cm entre bloques y 20 cm entre tratamientos. Ver Anexo N°6 en Anexos.

2.3.6 Siembra

Las semillas fueron colocadas en el centro de las macetas, enterrando la parte ancha de la semilla con una profundidad no mayor a 2 cm, cubriendo de tierra solo la mitad de la semilla, quedando la parte puntiaguda descubierta, con el fin de facilitar la germinación, posteriormente se dejó un espacio de 1 cm sin rellenar, esto para que tenga la capacidad de retener el agua por un periodo corto. Ver Anexo N°7 en Anexos.

2.3.7 Frecuencia de riego.

Los riegos se realizaron cada 5 días para el tratamiento T1, cada 10 días para el T2, cada 15 días para el T3 y para el tratamiento testigo T0; la frecuencia fue variable de acuerdo al requerimiento de las plantas (estrés hídrico). El riego para los tratamientos T1-T2-T3 se realizó de forma manual con una regadera con capacidad de 5 litros, utilizando el agua residual la cual es depositada en los turriles que se encuentran en el vivero. Para el tratamiento testigo T0 también se realizó el riego de forma manual usando la regadera. Ver Anexo N°7 en Anexos.

2.4 Procedimiento experimental

Las mediciones solo se realizaron al promedio de las plántulas centrales, 16 plantas por tratamiento en cada repetición; donde fueron evaluadas las variables: altura, diámetro, sobrevivencia, germinación, calidad de la planta.

Para el levantamiento de datos se elaboró una planilla de registro y las mediciones de diámetros fueron tomadas con la utilización de un vernier milimétrico, los datos de alturas se los tomo con una cinta métrica.

La evaluación se realizó por el tiempo necesario cuando las plantas alcanzaron el diámetro adecuado para constituirse en porta injertos, periodo en el cual se realizó las mediciones correspondientes a cada variable.

2.4.1 Variables a evaluar

2.4.1.1 Porcentaje de Germinación

Para documentar la cuantificación del número de plantas germinadas, en relación a la cantidad de semillas depositadas por bolsa, se hizo un conteo diario. En vista que se sembró una semilla por bolsa en el conteo diario se consideró una germinación por bolsa para obtener el porcentaje de germinación mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

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

Si al realizar la prueba, el porcentaje de germinación es menor del 80 por ciento, la semilla no es de buena calidad. Un bajo porcentaje de germinación significa que el manejo de la semilla desde la cosecha hasta el almacenamiento no fue el adecuado.

2.4.1.2 Determinación del Crecimiento de la Altura

Los datos de esta variable se realizaron con frecuencia semanales en 16 plantas por cada tratamiento. Para ello se usó una cinta métrica, realizando la medición desde la superficie de la bolsa hasta el ápice terminal de la planta durante el tiempo que duro el experimento. Ver Anexo N°7 en Anexos.

2.4.1.3 Determinación del Crecimiento del Diámetro basal

Diámetro del cuello de la raíz. Es la característica de calidad más importante que permite predecir la supervivencia de la planta en campo; define la robustez del tallo y se asocia con el vigor y el éxito de la plantación. Plantas con diámetro mayor a 5 mm son más resistentes al doblamiento y toleran mejor los daños por plagas y fauna nociva, aunque esto varía de acuerdo a la especie (Prieto et al., 2003 y Prieto et al., 2009).

Para el llenado de las planillas se tomó las medidas de las plantas de manera semanal, para ello se utilizó un vernier metálico digital con precisión hasta decimas de mm, realizando la medición a ras de la base de la planta. Ver Anexo N°7 en Anexos.

2.4.1.4 Determinación del Crecimiento de la raíz

El crecimiento del sistema radicular de la plántula se evaluó al final del experimento.

Para la evaluación de esta variable se procedió a la selección de 3 plantas por cada tratamiento, las cuales fueron introducidas en una caja grande y llevadas a la ciudad de Tarija para realizar el ensayo destructivo en el laboratorio de Tecnología de la madera de la Universidad Juan Misael Saracho. Una vez obtenida las raíces se procedió a medir cada una de ellas con una regla milimetrada. Esas muestras también fueron utilizadas para realizar el ensayo de biomasa y determinar el índice de lignificación. Ver Anexo N°8 en Anexos.

2.4.1.5 Determinación del Índice de Lignificación

Este parámetro se utilizó como indicador de la calidad de planta de cada tratamiento.

Biomasa de la parte aérea y del sistema radicular (g). Se separaron ambas partes con unas tijeras de podar y el peso se determinó con una báscula digital a una precisión de centésimas de gramo. Primero se registró el peso en húmedo y posteriormente se colocaron las partes de la planta sobre platos de plásticos con sus identificaciones correspondientes, se introdujo en una estufa de secado, durante 72 horas a 70 °C y finalmente se evaluó el peso en seco de cada parte de la planta. Ver Anexo N°8 en Anexos.

Este sentido, el índice para su cálculo se realizó una relación entre el peso seco total de la planta (gr) entre el peso húmedo total de la planta (gr), el cual determina el porcentaje de lignificación; siendo la fórmula propuesta por Sáenz *et al.*, (2010) la siguiente:

$$IL = \frac{\text{Peso seco total de la planta}}{\text{Peso humedo total de la planta}} * 100$$

El Peso seco total de la planta (gr): Se obtiene de la suma del peso seco (secado en horno a 55 °C por 24 horas) de la parte aérea (tallo y hojas), y el peso seco de la raíz; obtenido este valor al final del periodo de evaluación.

Peso húmedo total de la planta (gr): Se obtiene de la suma del peso fresco de la parte aérea (tallo y hojas), y el peso fresco de la raíz; calculado este valor al final de la evaluación.

2.4.2 Diseño Experimental

Cuadro N°1 Diseño de los tratamientos aplicados en campo

DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR			
Tratamientos	Repeticiones		
Número	I	II	III
N°1	T1	T3	T0
N°2	T0	T1	T2
N°3	T3	T2	T1
N°4	T2	T0	T3

Frecuencia de riego con aguas residuales

Tratamientos:

- T1= Riego cada 5 días
- T2= Riego cada 10 días
- T3= Riego cada 15 días
- T0= Riego variable (Testigo)

En el ensayo se emplea un Diseño Completamente al Azar, Considerando dos factores: el efecto debido a 1 especie y el efecto debido a 3 tratamiento de frecuencia de riego de 5, 10, 15 días de riego y un testigo con riego variable.

El método estadístico a emplear es el análisis de varianza, además se empleará el test de MDS para comparar las medias de crecimiento en altura y diámetro y supervivencia. Se asume una probabilidad de error del 1 % y 5%.

2.4.2.1 Modelo Matemático:

El modelo matemático que lo justifica es el siguiente:

Cada valor = Una constante + Efecto de los + Efecto de los + Un error Observado
 general bloques tratamientos

Se aplica el análisis de varianza que permite separar de la variabilidad total el efecto de los bloques, es decir, la variabilidad del suelo de bloque a bloque.

Este diseño es idóneo para distintos tipos de experimentos, tanto de comparación de variedades como fitotécnicos, en experimentos unifactoriales o factoriales, con un rango de 3 a 25 variantes sin pérdida apreciable de eficiencia.

Al ubicar los bloques en el campo deben quedar en la máxima homogeneidad del suelo posible, perpendicular al gradiente de fertilidad.

El modelo matemático de este diseño es el siguiente:

$$Y_{ij} = m + t_i + r_i + e_{ij}$$

El modelo en el cual se basa el análisis nos dice que una observación es el efecto de una media general (m), de un tratamiento particular (t_i), de una repetición dada o bloque (r_i), y finalmente el componente aleatorio o error experimental (e_{ij}).

El mayor uso de este diseño está dado por la simplicidad y flexibilidad.

2.4.2.2 Cuadro de ANOVA Análisis de Varianza

Cuadro N° 2 Tabla de ANOVA Análisis de Varianza

Fuentes de V.	GL	SC	CM	Fc	F5%	F1%
Total						
Bloques						
Tratamiento						
Error						

Donde:

GL = Grado de Libertad

SC = Suma de Cuadrados

CM= Cuadrado Medio

Fc = F calculado

F0.5 = F tabulado al 95%

F 0.1 =F tabulado al 99%

Fórmulas para calcular y llenar el cuadro de ANOVA

Factor de Corrección

$$F_c = \frac{(GT)^2}{N}$$

Suma de cuadrados totales

$$STC = \sum Y^2 - F_c$$

Suma de cuadrados de los tratamientos

$$SCt = \frac{\sum t^2}{N^{\circ} r} - Fc$$

Suma de los cuadrados de los bloques

$$SCb = \frac{\sum b^2}{N^{\circ} t} - Fc$$

Suma de cuadrados del error

$$SCe = SCT - (SCt + SCb)$$

Cuadrado medio de los tratamientos

$$CMt = \frac{SCt}{GLt}$$

Cuadrado medio de los bloques

$$CMb = \frac{SCb}{GLt}$$

Cuadrado medio del error

$$CMe = \frac{SCe}{GLE}$$

F calculada para los tratamientos

$$Fc = \frac{CMt}{CMe}$$

F calculada para los bloques

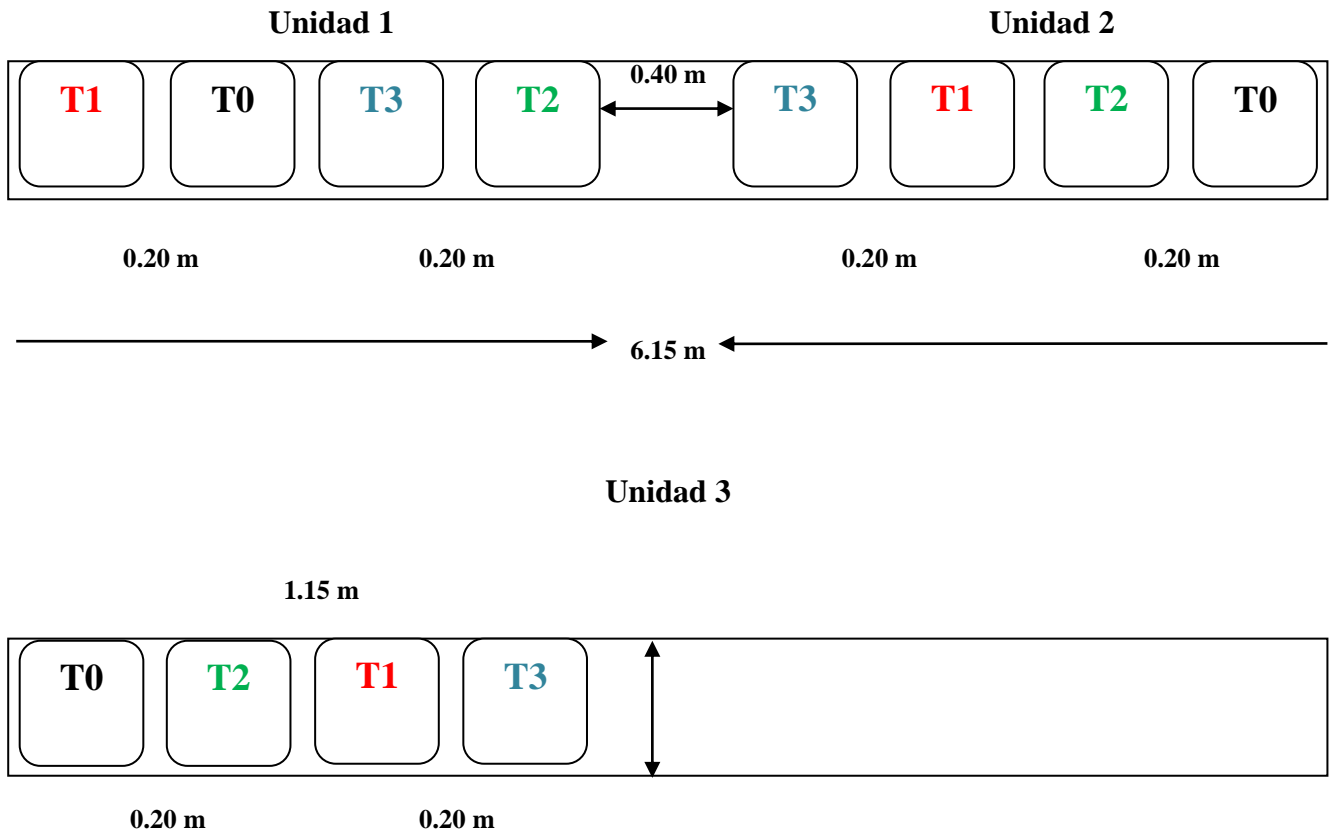
$$Fc = \frac{CMb}{CMe}$$

2.4.2.3 Características de la unidad experimental.

- Número de réplicas: 3
- Número de tratamiento: 4
- Número de plantas por replica: 144 plantas

- Número de plantas por unidad experimental: 36
- Número de plantas totales: 432 plantas

Figura N° 1 Diseño de las unidades experimentales en la platabanda

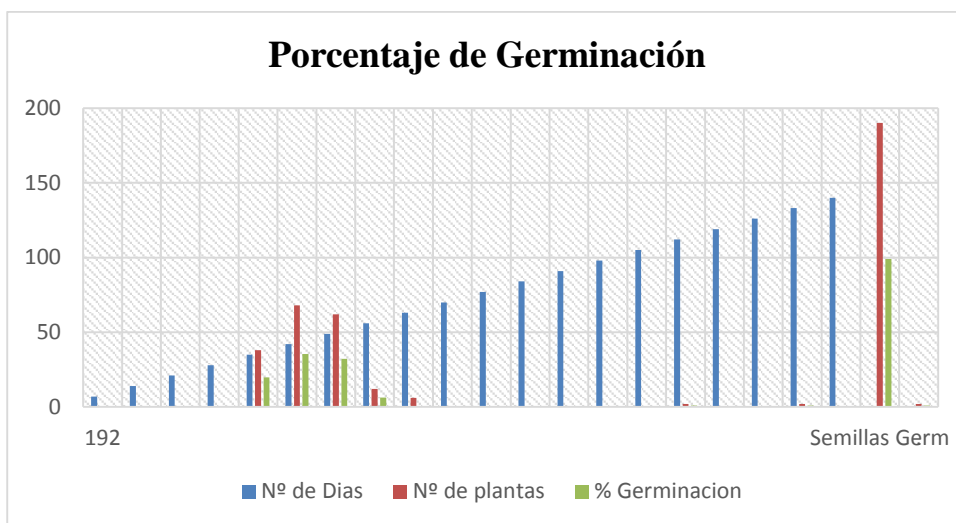


CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

Gráfica N°1 Porcentaje (%) de Germinación



Los valores del total de semillas contabilizadas y sembradas al igual que el máximo número de semillas germinadas se muestran en la gráfica N°1, siendo el máximo porcentaje de germinación a los 42 días después de la siembra con 68 semillas germinadas equivalente al 35 % y el porcentaje mínimo con 2 semillas germinadas representando el 1 %. En todo el registro que se realizó se obtuvo un total de semillas germinadas que nos da el 98.96% quedando como semillas no germinadas el 1%. Ver Anexo N°2 en Anexos.

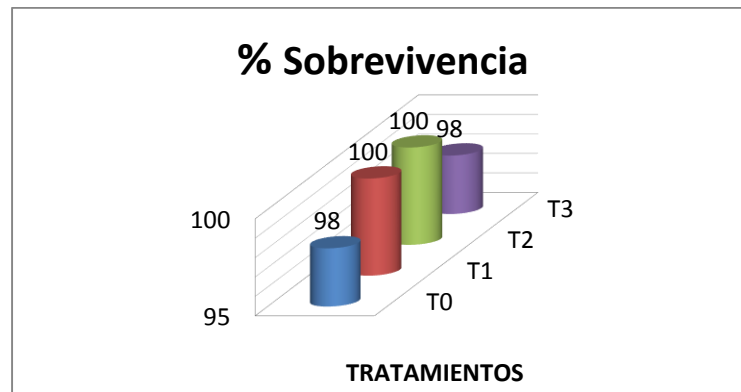
3.2 SOBREVIVENCIA

Cuadro N°3 Supervivencia (%) al final del ensayo

REPETICIONES	TRATAMIENTOS			
	T0	T1	T2	T3
I	100	100	100	100
II	94	100	100	94
III	100	100	100	100
Promedio	98	100	100	98

Para obtener el porcentaje de sobrevivencia se trabajó con las medias de cada tratamiento como se muestra en el cuadro anterior y se graficó posteriormente como vemos en la Gráfica N° 2.

Gráfica N°2 Comparación de las medias de sobrevivencia (%)



En esta gráfica se observa que en los tratamientos T1 y T2, se obtiene el valor más alto con el 100 % y dejando a los tratamientos T0 y T3 con el valor más bajo de un 98 % de sobrevivencia.

Para determinar si existe diferencia entre los tratamiento se procedió a un análisis de varianza donde los resultados se muestran en el cuadro N°4.

Cuadro N°4 Tabla de ANOVA de Sobrevivencia

FV	GL	SC	CM	Fc	F0,5	F0,1
Tratamiento	3	12,00	4	0,67	4,1	7,59
Error	8	48,00	6			
Total	11	60,00				

En el análisis de varianza observamos que no existe diferencia significativa en el porcentaje de sobrevivencia. Porque el valor de $F_c = 0,67$ es menor que el valor de F tanto para el 1% como para el 5%.

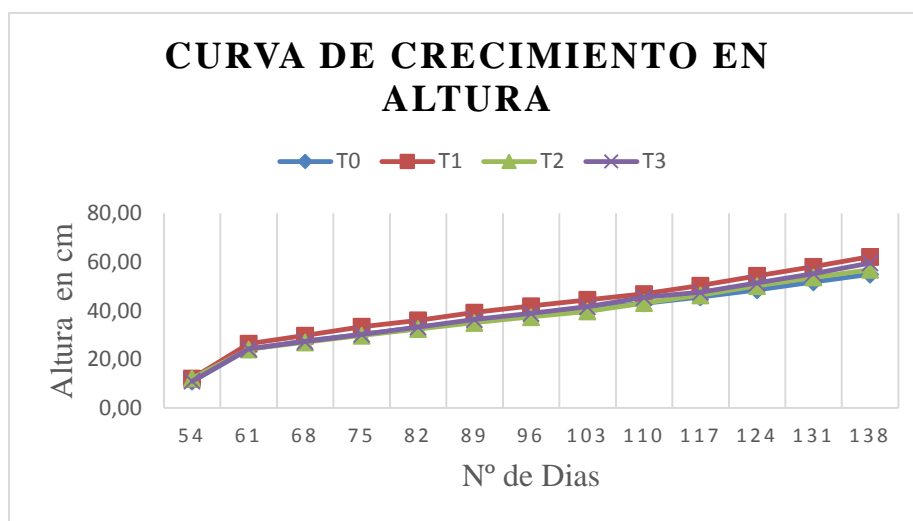
3.5 CRECIMIENTO EN ALTURA

Tabla N°1 Resumen de datos de Crecimiento en Altura (cm.)

Fechas	N° Días	T0	T1	T2	T3
02/06/2017	0	0	0	0	0
26/07/2017	54	10,96	12,19	12,27	11,06
02/08/2017	61	24,21	26,44	24,17	24,30
09/08/2017	68	27,61	29,81	27,06	27,28
16/08/2017	75	30,17	33,40	29,79	30,27
23/08/2017	82	33,07	36,08	32,48	33,30
30/08/2017	89	36,07	39,29	35,06	40,26
06/09/2017	96	38,30	41,89	37,42	38,85
13/09/2017	103	40,87	44,49	39,71	41,62
20/09/2017	110	43,04	46,89	43,14	45,45
27/09/2017	117	45,60	50,33	46,35	47,58
04/10/2017	124	48,49	54,31	50,21	51,37
11/10/2017	131	51,77	58,11	53,71	55,24
18/10/2017	138	54,91	62,18	56,86	59,58

Para el análisis consideramos las medias de los tratamiento en altura y los números de días, datos obtenidos de la Tabla N°1 las mismas que fueron graficadas en una curva de crecimiento los cuales se observan en la gráfica N°3.

Gráfica N°3 Curva de Crecimiento en Altura



Como se puede observar en la gráfica, se realizó una curva de crecimiento para todos los tratamientos se obtuvo el comportamiento del desarrollo de las plantas en el cual se observa que no existe variación durante todo el estudio. Ver Tabla N°1.

En la Tabla N°2 se muestra un resumen de los datos de los tratamientos donde se trabajó con las fechas de medición y se analizó las medias, desviación estándar y el coeficiente de variación. Ver Anexo N°3 en Anexos.

Para determinar si existe diferencia en altura entre los tratamientos se procedió a un análisis de varianza, los resultados mostramos en el cuadro N°5.

Cuadro N°5 Tabla de ANOVA de la altura

FV	GL	SC	CM	Fc	F0,5	F0,1
Tratamiento	3	90,71	30,23	1,80	4,06	7,59
Error	8	134,24	16,78			
Total	11	224,96				

La comparación del crecimiento de la altura en el análisis de varianza nos indica que el valor de la F calculada es menor que la tabulada, aceptamos la hipótesis nula, por lo tanto, no hay diferencias significativas de crecimiento entre los tratamientos.

3.6 CRECIMIENTO DEL DIÁMETRO BASAL

En la Tabla N°2 mostramos las fechas tanto de siembra, como las fechas de levantamiento de datos, los números de días acumulado y las medias por tratamiento.

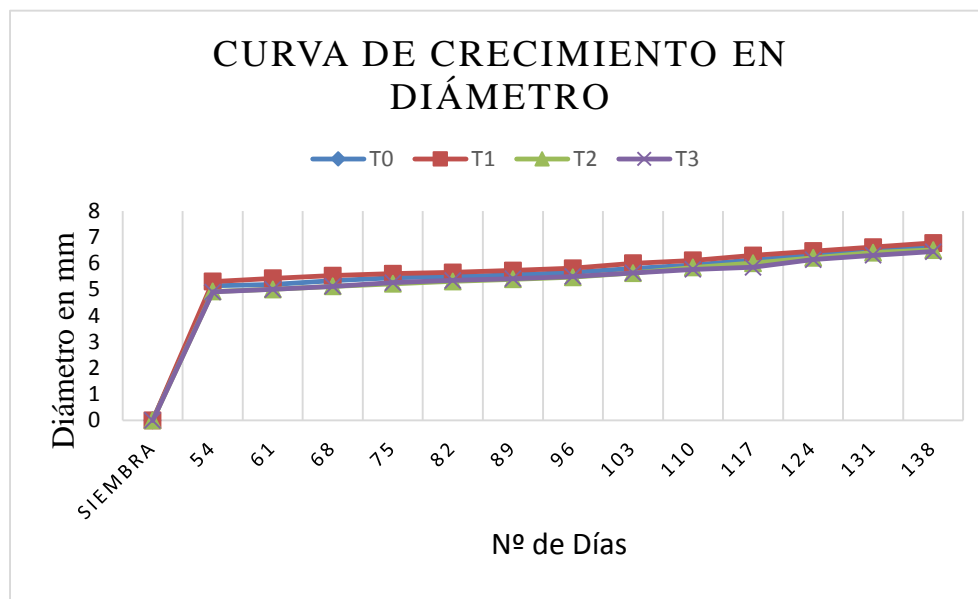
Tabla N°2 Resumen de datos de Crecimiento de Diámetros (mm)

Fechas	N° Días	T0	T1	T2	T3
02/06/2017	0	0	0	0	0
26/07/2017	54	5,14	5,30	4,93	4,91
02/08/2017	61	5,19	5,43	5,01	5,00
09/08/2017	68	5,34	5,53	5,12	5,12
16/08/2017	75	5,44	5,60	5,22	5,26
23/08/2017	82	5,50	5,65	5,31	5,35
30/08/2017	89	5,56	5,73	5,39	5,42
06/09/2017	96	5,66	5,81	5,47	5,50
13/09/2017	103	5,80	6,00	5,63	5,63
20/09/2017	110	5,94	6,11	5,84	5,83

27/09/2017	117	6,13	6,30	6,01	5,78
04/10/2017	124	6,31	6,47	6,21	6,14
11/10/2017	131	6,50	6,62	6,41	6,30
18/10/2017	138	6,65	6,78	6,51	6,45

Con los datos obtenidos en campo según la Tabla N°2 se obtuvo el comportamiento del desarrollo de los diámetros a través de una curva de crecimiento como se ve en la gráfica N° 4.

Gráfica N°4 Curva de Crecimiento en Diámetro



En la tabla N°3 se presenta un resumen de datos de todos los tratamientos por fechas lo cual se analizó las media, desviación estándar, y coeficiente de variación. Ver Anexo N°4 en Anexos.

Para determinar si existe diferencia entre los tratamientos en diámetro se procedió a un análisis de varianza los cuales mostramos los resultados en el cuadro N°6.

Cuadro N°6 Tabla de ANOVA de Diámetro

FV	GL	SC	CM	Fc	F0,5	F0,1
Tratamiento	3	0,19	0,066	1,50	4,066	7,59
Error	8	0,35	0,044			
Total	11	0,55				

De acuerdo a la tabla de ANOVA no existe diferencia significativa entre los tratamientos, lo que nos indica que los diámetros son iguales estadísticamente.

Como no existe diferencia significativa tanto como para el 5% y el 1% no es necesario someter los datos a una prueba de contraste.

3.7 CRECIMIENTO DE LA RAÍZ

Cuadro N°7 Crecimiento de la Raíz al final del ensayo

Tabla N°7 Crecimiento Radicular (cm)				
Repetición	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
1	16,08	16,05	14,05	17,07
2	21,04	13,06	14,09	20,05
3	15,08	21,03	14,07	25,05
Suma	52,20	50,14	42,21	62,17
Promedio	17,40	16,71	14,07	20,72

Para determinar si existe diferencia entre los tratamientos en cuanto al crecimiento radicular de cada tratamiento se procedió a un análisis de varianza en el cual mostramos los resultados correspondientes en el cuadro N° 8.

Cuadro N°8 Tabla de ANOVA del Crecimiento Radicular

FV	GL	SC	CM	Fc	F0,5	F0,1
Tratamiento	3	67,45	22,48	2,10	4,1	7,59
Error	8	85,32	10,66			
Total	11	152,77				

De acuerdo al cuadro de ANOVA nos indica que el valor de la F calculada es menor que la tabulada, no hay diferencias significativas entre los tratamientos, por lo tanto, el crecimiento radicular son iguales estadísticamente.

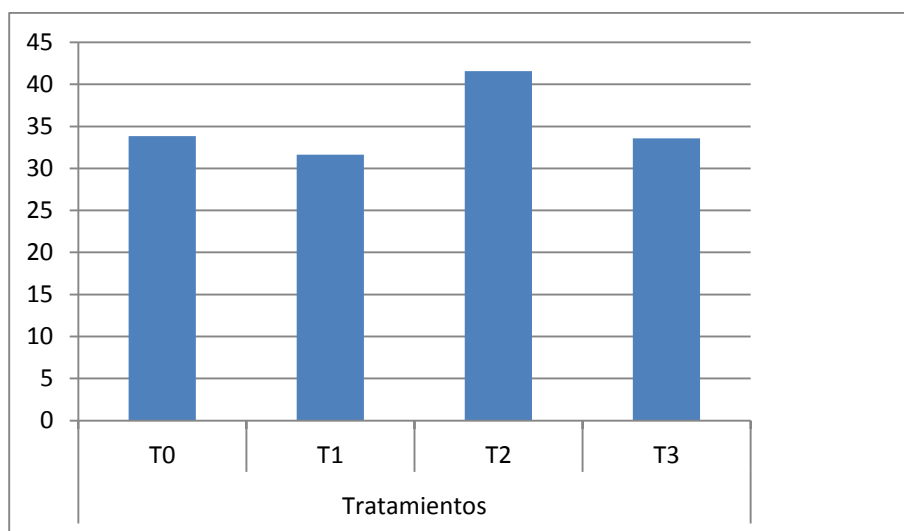
3.8 ÍNDICE DE LIGNIFICACIÓN

Cuadro N°9 Análisis del Índice de Lignificación

Repetición	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
1	35,64	35,08	39,23	35,19
2	31,97	33,90	45,31	30,98
3	33,94	25,91	40,21	34,53
Suma	101,55	94,89	124,75	100,70
Promedio	33,85	31,63	41,58	33,57

Para el análisis consideramos los promedios de los tratamientos, los cuales son representados en la gráfica N°5.

Gráfica N°5 Índice de Lignificación



En esta grafica podemos observar que el valor más alto del 41,5 % está en el tratamiento T2 presentando el mayor índice de lignificación y que los tratamientos T0 y T3 representan un valor similar del 33,5 % y dejando al tratamiento T1 con el valor más bajo del 31,6 %.

El índice de lignificación fue aceptable con este valor del 33,85%, lo que significa que las plantas estuvieron sometidas a un estrés hídrico bajo (Prieto, 2004).

Para determinar si existe diferencia entre los tratamientos en cuanto al índice de lignificación de cada tratamiento se procedió a un análisis de varianza los resultados son representados en el cuadro N°10.

Cuadro N°10 Tabla de ANOVA Índice de Lignificación

FV	GL	SC	CM	Fc	F0,5	F0,1
Tratamiento	3	173,92	57,97	5,27	4,1	7,59
Error	8	88,09	11,01			
Total	11	262,01				

Con los resultados que se muestra en este cuadro se podría decir, que existe diferencia significativa para el 5 % y no para el 1 %, ya que el valor de la F calculada es mayor que la F tabulada para el 5 % y vendría hacer menor para la F tabulada del 1%.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusión

- ✓ De acuerdo con los resultados obtenidos en cada una de las variables y tiempos evaluados, se puede decir que no se encontró evidencia de que las semillas con mejores características influyeron en una mejor germinación y tampoco en un mejor desarrollo inicial de plántulas, ya que al analizar el porcentaje de germinación se registró un porcentaje total de semillas germinadas del 98.96% quedando como semillas no germinadas el 1%. Se podría decir que las semillas presentan gran viabilidad al obtener un valor tan alto en porcentaje de germinación.
- ✓ Al analizar el valor de la sobrevivencia entre los tratamientos se observa que no presentan diferencias significativas. Ver Cuadro N°3.
- ✓ La evaluación en cuanto a la variable altura no demostró una diferencia significativa esto se evidenció con el análisis de varianza. Ver Cuadro N°4.
- ✓ Para la variable del diámetro del tallo tampoco demostró una diferencia significativa. Ver Cuadro N°5.
- ✓ La influencia de la frecuencia de riego con agua residual sobre las variables altura, diámetro y crecimiento radicular se comportó de la misma forma para cada tratamiento, ya que no existen diferencias significativas estadísticamente.
- ✓ Para la calidad de la planta a través del índice de lignificación fue aceptable con 33,85%, lo que significa que las plantas estuvieron sometidas a un estrés hídrico bajo (Prieto, 2004). Las frecuencias para el índice de lignificación señalan un comportamiento homogéneo.

4.2. Recomendaciones.

- ✓ Con los resultados obtenidos en el ensayo se recomienda la producción de plantas de palta con el fin de obtener portainjertos de calidad.
- ✓ Para el porcentaje de germinación se recomendaría el tratamiento T2 que es el riego cada 10 días porque las semillas fueron germinadas de igual manera que todos los demás tratamientos, a parte que nos ahorra el costo en suministro de agua, y en mano de obra en cuanto al riego en vivero.
- ✓ Para la utilización y aprovechamiento del agua residual se debe tener en cuenta que el agua no está libre de bacterias, hongos, patógenos, por lo que es necesario tratar al agua como tal, tener precaución en la manipulación para evitar enfermedades.
- ✓ En cuanto a la frecuencia de riego es recomendable el tratamiento T2 que es el riego cada 10, un periodo de días que permite a la planta absorber el agua de forma adecuada sin causarle un encharcamiento o estrés hídrico alto.
- ✓ Para responder a la necesidad de nuestro trabajo en cuanto a calidad de plantas se recomienda de igual manera el tratamiento T2 riego cada 10 días ya que se obtuvieron plantas más vigorosas, más resistentes a las temperaturas altas y al estrés hídrico.

