

## 1 INTRODUCCIÓN:

Las acciones antrópicas en el Valle Central de Tarija han sido una de las causas principales en la alteración y pérdida de la vegetación natural, estas pérdidas se deben entre otras causas por la ampliación de asentamientos, urbanizaciones y la expansión de la frontera agrícola, acciones que han impactado fuertemente en el ecosistema forestal, por estas razones, es necesario encarar programas de plantaciones forestales empleando especies forestales de rápido crecimiento, estableciendo de esta manera protocolos de investigación que permitan implementar técnicas de propagación vegetativa como el caso del Álamo (PERTT, 1980).

La literatura especializada revela que los álamos presentan cualidades favorables para la propagación asexual ya que a partir de porciones de una planta madre es posible la obtención de individuos constituidos genéticamente igual a los individuos seleccionados, que a la vez aseguren la obtención de plántones de calidad (Nuñez, 2006).

En este sentido, existen antecedentes sobre ensayos con álamos, que consideraron la aplicación de hormonas de enraizamiento (Pinaya, 1989), Aplicación de neblina para favorecer el enraizamiento (Sagredo, 1998), entre otros, asimismo, el Programa de Rehabilitación de Tierras Tarija, ha implementado la técnica de plantación en barbados con la ayuda de un equipo mecánico; efectuado en la localidad de Pinos (Cuenca del río Tolomosa) de modo, que a través de este tipo de investigaciones se logró probar la factibilidad de reforestar usando especies de Álamo, (PERTT, 1980).

Basado en estos antecedentes, en la presente investigación consideró como variables el ángulo de corte y diámetro de las estacas, que a su vez será un aporte importante de información sobre la propagación vegetativa, adicionalmente con este método de propagación vegetativa se logrará obtener individuos a partir de porciones

vegetativas de la planta, que tienen la capacidad de formar nuevas raíces y generar un nuevo individuo, cuya modalidad es indispensable en la reproducción de plantones que no se producen a través semillas como son los álamos.

## 1.1 Justificación

En el presente trabajo se pretende difundir el método de propagación vegetativa por estacas de tallo de 30 cm de longitud con un diámetro de (0.5-2,0 cm) utilizando dos cortes diferentes (recto y bisel) en especies forestales del Álamo *Populus angulata* Aiton.

Por la facilidad que presenta la propagación vegetativa o asexual de los *Populus* y salicales se tomara como objeto de estudio a esta especie de Álamo *Populus angulata* Aiton de madera blanda el cual adquiere mayor importancia en este método de propagación vegetativa a partir de una porción de la planta madre es posible obtener nuevos individuos constituidos genéticamente igual a esta, permitiendo mantener la calidad de planta madre.

Esta investigación brindara nuevos conocimientos y técnicas de propagación vegetativa asexual de Álamo *Populus angulata* Aiton a diferentes instituciones encargadas en programas de producción de plantas.

## Hipótesis

**Hp.** El diámetro de las estacas o esquejes de tallo y tipo de corte de las mismas influye en el porcentaje de prendimiento y desarrollo de la raíz en la producción de plantines de Álamo en vivero.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general:**

- Determinar el porcentaje de prendimiento de estacas de tallo en Álamo *Populus angulata* Aiton, a través de dos cortes y tres tipos de diámetro de estacas en el vivero dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho en la Ciudad de Tarija.

### **1.2.2 Objetivos específicos:**

- Determinar la efectividad de los tipos de corte en el prendimiento y desarrollo de la raíz en estacas de álamo *Populus angulata* Aiton.
- Determinar el diámetro adecuado en el prendimiento y desarrollo de la raíz en estacas de álamo *Populus angulata* Aiton, hasta obtener plantones aptos para ser implantados.
- Generar información para quienes lo requieran sobre el tema, en cuanto a la propagación vegetativa en vivero.

## **2 REVICION BIBLIOGRAFICA**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES SALICÁCEAS**

El género pópulos está presente de forma esporádica en todos los bosques de las regiones templadas del hemisferio Norte; en algunas zonas puede formar espontáneamente bosquetes o pequeños macizos cuya producción, sin embargo, no ha competido jamás con los arboles de otras especies que constituyen la mayoría de los bosques, (FAO, 1980).

Los álamos y los sauces son árboles y arbustos de zonas templadas y subtropicales, pertenecientes a la familia de las Salicáceas, que se caracterizan por su extraordinaria avidez de agua y luz. Generalmente son de crecimiento rápido, teniendo gran aptitud para la reproducción vegetativa y para la hibridación ínter específico, (FAO, 1980).

Su adaptación a diferentes suelos y condiciones climáticas ha propiciado su uso extendido en países en desarrollo y desarrollados.

Suministran diversos productos (madera aserrada, rollizo para chapa, leña, postes y forrajes), además de otros servicios como protección para los suelos, los cultivos, el ganado y de su valor estético en parques y jardines.

La familia salicáceas son fáciles de multiplicar por medio vegetativo (esquejes y estaquillas). Estas características permiten desarrollar nuevos cultivares facilitando a los cultivadores multiplicar con rapidez y sencillez la descendencia de determinados árboles con atributos deseables (crecimiento rápido, fuste recto, madera blanca, etc.)

Este procedimiento llamado clonación, que permite el establecimiento de plantaciones artificiales con determinadas características, tiene un inconveniente si un clon determinado resulta susceptible al ataque de una plaga o enfermedad, lo que ha motivado que en los últimos años se tienda a la conservación y mantenimiento de poblaciones naturales de álamo y sauce como salvaguardia y como reserva de la variación genética autóctona para responder a necesidades futuras, (FAO, 1980).

### **2.1.1 Descripción de la Familia Salicáceas**

La familia salicáceas está formada por árboles y arbustos dioicos con hojas deciduas, simples, alternas y generalmente pecioladas; sus flores son unisexuales en amentos, que aparecen antes o con las hojas, sus flores carecen de perianto diferenciado, con un pequeño disco una o dos glándulas nectaríferas sostenidas por una bráctea; el fruto es una cápsula de dos a cuatro valvas; las semillas comosas (cubiertas con pelos largas y finas), (FAO, 1980).

## **2.2 ANTECEDENTES GENERALES DE LA ESPECIE**

### **2.2.1 Descripción de la especie.**

Los álamos, género *Populus*, pertenecen botánicamente al orden Salicales, Familia Salicaceae, grupo amentifloras, que a su vez pertenecen a la sub-clase monoclamídeas, clase dicotiledóneas, subdivisión angiospermas y división fanerógamas. (FAO, 1980).

La especies pertenecientes a la familia de las salicáceas tienen ciertas características muy particulares que le proporcionan un carácter original con relación a otros árboles productores de madera, tales como: su sistema de propagación es esencialmente por la vía vegetativa (Reproducción asexual), son arboles dioicos y la hibridación es frecuente.

Este género está conformado por más de 30 especies a partir de las cuales se han obtenido una gran cantidad de híbridos de alta calidad forestal, que fundamentalmente se distribuyen en forma natural en el hemisferio Norte, principalmente en Asia, Europa y América. (FAO, 1980).

Específicamente en Chile, los álamos se han observado hasta la Tierra del Fuego y desde el nivel del mar hasta los 1.600 metros sobre el nivel del mar. Las plantaciones se concentran fundamentalmente entre Aconcagua y Bío-Bío, aunque en el último tiempo se ha extendido su distribución hasta la décima región.

Las especies pertenecientes a la familia de las salicáceas tienen ciertas características muy particulares que le proporcionan un carácter original con relación a otros árboles productores de maderas, tales como: Su propagación es esencialmente por la vía vegetativa (reproducción asexuada), son árboles dioicos y la hibridación es frecuente, (FAO, 1980).

Estas características son las que han permitido masificar su cultivo. Este tipo de propagación es el único medio que permite capturar en forma inmediata toda la ganancia genética de la especie o clon, por lo cual las plantaciones son muy homogéneas, al estar constituida por individuos genéticamente idénticos. (FAO, 1980).

## **2.3 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL PÓPULUS**

### **2.3.1 Clasificación taxonómica: Álamo *Populus angulata* Aiton**

La taxonomía del Álamo es de reconocimiento confuso, ya que la denominación de esta forma es conocida como clon “Chile” (FAO, 1980), *Populus angulata* Aiton.

**Cuadro 1.** Taxonomía de la especie de Álamo *Populus angulata* Aiton

<b>Taxonomía</b> Álamo <i>Populus angulata</i> Aiton	
Reino	Vegetal
Phylum	Teleomorphytae
División	Tracheophytae
Sub División	Anthophyta
Clase	Angiospermae
Sub Clase	Dicotyledoneae
Grado Evolutivo	Archichlamydeae
Grupo de Ordenes	Sepaloideanos
Orden	Salicales
Familia	Salicaceae
Nombre científico	<i>Populus angulata</i>
	Aiton
Nombre común	Álamo

## 2.4 DESCRIPCION DEL ARBOL

El álamo *Pópulos angulata* Aiton es un árbol de hoja caduca que alcanza de 20 a 30 m, aunque en ocasiones puede superar esta altura. El sistema radicular está formado por un eje principal fuerte, profundo y una mayoría de raíces superficiales y extendidas. Tronco generalmente recto, de corteza grisácea pronto quebrada en sentido longitudinal, formándose entre las grietas unas costillas negruzcas, a lo que alud el nombre, copa amplia, por lo general poco densa pero más que el *Pópulos alba* o *Pópulos trémula*. Hojas con peciolo de 2 a 6 cm. de longitud, lateralmente comprimido y con frecuencia veloso. Limbo pubescente al brotar, muy pronto lampiño y verde por las dos caras, de ovalado-triangular o aovado-rómbica, acuminadas, festoneado-aserradas. Amentos precoces, aparecen antes que las hojas,

en los meses de febrero y marzo. Fruto en capsula con semillas parduscas envueltas en abundante pelusa blanca. Disminución de abril a mayo “Chile” (FAO, 1980).

#### **2.4.1 Distribución geográfica y usos principales**

Los álamos en la actualidad están difundidos por todo el mundo, generalmente estos se encuentran cubriendo grandes extensiones de masa boscosa en Europa, Asia Occidental, África del Norte, Asia Oriental, China, Japón, América del Norte Oriental y América del Occidental, (COINAL, 2004).

De acuerdo a las características particulares de especies de álamos G. Hontzagers y J. Pourtet tuvieron la dedicada tarea de tratar la clasificación, la identificación y la distribución de los álamos.

G. Hontzagers subdivide el género pópulos en 5 secciones que son: Turanga, Leuce, Aigeiros, Tacamahaca y Leucoides.

##### **A) Sección Turanga**

Comprende una sola especie, *Populus euphratica*. Aunque se haya dado diversos nombres a ciertas formas locales presentes en una parte de la amplia y dispersa área, la ecología de este álamo, según de las estaciones mejor conocidas, se caracteriza por una fuerte exigencia en calor, que soporta muy bien, así como por una salinidad elevada. La multiplicación por estacas es bastante difícil. Su área de distribución se extiende del Altai 45<sup>0</sup> N al Ecuador, lo que representa una importante amplitud ecológica, (COINAL, 2004).

##### **B) Sección Leuce**

Se distinguen dos subsecciones, los temblones (Trepidae) y los álamos blancos propiamente dichos (Albidae), (COINAL, 2004).

- **Subsección Trepidae**

Caracterizado por su amplitud a dar brotes de raíz, lo que les permite contribuir masa muy densa e invasora, los temblones ocupan sobre todo los espacios vacíos más exigentes en la luz que en agua aunque son arboles de gran talla. Son tres especies principales.

Temblones de Europa y de Asia

Temblones americanos

Temblones Híbridos

- **Subsección Albidae**

La mayoría de los botánicos incluyen todos los álamos blancos en la especie de *populus alba* descrito por Linneo en 1753, distribuida en los Valles de los ríos mediterráneos de Europa, Asia y África, en los Balcanes en Asia Occidental.

### C) Sección Aigeiros

Su área natural es relativamente limitada, puesto que solo se extiende por parte de América del Norte y en el antiguo mundo por la región circunmediterránea extendiéndose hasta Europa Central, al Norte y Asia Central, al Este, contrariamente a lo que ocurre con los temblones, esta área es línea a lo largo de los ríos son álamos de verdad y salvo raras excepciones indicados anteriormente a lo que serán más adelante, en el cultivo de los álamos en el mundo corresponden más de un 90 % a esta sección.

Solo en América han conservado las masas naturales de álamos negros una gran importancia y una notable utilidad económica. Entre las plantaciones se tienen, (COINAL, 2004).

- Europa. Al sur del paralelo 50 y al Oeste del mar Negro, más de un millón de hectáreas.
- Cercano Oriente, al norte del paralelo 30 hasta el Afganistán y Pakistán 200000 hectáreas.
- América del Sur, al sur del paralelo 30, 100000 hectáreas (con sauces).

Constituyen estas plantaciones de dos grandes especies, una circunmediterránea, *Populus nigra L.*, la otra americana, *Populus deltoide March*, así como sus híbridos.

#### **D) Sección Tacamahaca**

Esta sección que agrupa todos los álamos balsámicos, esta únicamente representada en América del norte, donde constituye masas naturales de gran importancia económica y en Asia, donde su área muy extendida desde el este de Turquía hasta el lejano Oriente y su importancia son mal conocidos, (COINAL, 2004).

#### **E) Sección Leucoides**

Originario del lejano Oriente, salvo una especie Americana esta sección es muy mal conocida y no parece tener actualmente ninguna importancia económica, (COINAL, 2004).

### **2.5 SELECCIÓN Y MEJORA DE LOS ÁLAMOS**

La “selección” consiste en elegir, entre un conjunto de individuos existentes aquellos que parecen presentar un interés especial “mejorar” consiste en producir una nueva constitución genética, diferentes de los arboles genitores, (CONAF, 1998).

### **2.5.1 Selección**

Los fines de la selección varían de una región a otra según las condiciones de suelo, clima existente, así como la presencia o no de paracitos y enfermedades y las cualidades de la madera solicitadas por las industrias locales. La primera base de la selección ha constituido las masas naturales o arboles aislados, así como los individuos introducidos del exterior en nuevo medio ambiente, donde han podido producirse híbridos naturales.

La selección ha sido la que, hasta el momento, ha dado resultados más importantes, con vista a rendimiento económico que se puede obtener de las modernas plantaciones de álamos, (CONAF, 1998).

### **2.5.2 La mejora**

Por consiguiente, la mejora de los álamos, con vistas a la obtención de un mejor crecimiento, ya no presenta dificultades serias; pueden aun obtenerse progresos en ese campo y deben todavía resolverse numerosos problemas relativos a otras cualidades deseables. Los fines de mejora de los álamos son numerosas: adaptación al medio, resistencia a las enfermedades y resistencia a los insectos, (CONAF, 1998).

## **2.6 EXIGENCIAS AGRO-ECOLÓGICAS PARA EL CULTIVO DEL ÁLAMO**

Para considerar el cultivo del álamo es fundamental tener en cuenta las exigencias ecológicas, especialmente de clima y de suelo, de manera tal que se tenga éxito en el desarrollo de las forestaciones. Estas exigencias se pueden resumir en los siguientes puntos, (CONAF, 1998).

### 2.6.1 Requerimientos ecológicos.

Los álamos tienen requerimientos ecológicos muy especiales, haciendo que su cultivo sea bastante diferente a otras especies forestales, asemejándose más a un cultivo agrícola, es más, los suelos utilizados para su producción son de aptitud agrícola. (CONAF, 1998).

Durante el periodo de latencia o receso vegetativo se comportan como plantas rústicas de gran tolerancia a condiciones adversas del medio, en cambio en el periodo vegetativo requieren fundamentalmente de abundante agua, luz y altas temperaturas. (CONAF, 1998).

Los requerimientos de la especie que se deben satisfacer para alcanzar su mejor desarrollo son aquellos relativos a factores climáticos, hídricos y edáficos.

### 2.6.2 Requerimientos climáticos

- **Necesidades de luz.** Los álamos son plantas heliófilas, que tienen altos requerimientos de luz y por lo tanto, gran actividad fotosintética. Además muestran sensibilidad al fototropismo y el fotoperiodo es fundamental para determinar el periodo de crecimiento. (FAO, 1980).
- **Temperatura.** Los álamos responden sensible y positivamente a las altas temperaturas de verano. Para alcanzar un desarrollo óptimo de los álamos se requiere de altas temperaturas de primavera y verano, hasta un máximo de 35° a 40° C.

En el periodo de latencia poseen gran resistencia a temperaturas bajas y heladas fuertes, sin embargo, durante el periodo vegetativo pueden ocasionar graves daños. Los álamos, tanto, en el periodo de crecimiento como en el de

receso vegetativo, necesitan la acumulación de días grados para alcanzar su óptimo desarrollo. (FAO, 1980).

- **Necesidades de oxígeno.**

Comparada con otras especies leñosas el álamo posee una muy elevada intensidad de respiración de las raíces. El oxígeno necesario para el desarrollo de las raíces se logra teniendo una buena aireación del suelo (por lo tanto no le convienen suelos compactos, mal estructurados y con una macroporosidad inferior al (10%); por esta misma razón no son adecuados suelos con contenidos de arcillas superiores al 20-30% y aquellos con presencia de agua estancada, (FAO, 1980).

- **Necesidades hídricas.**

Los álamos son especies con altos requerimientos hídricos (hidrófilas), los cuales fluctúan entre los 8.000 a 10.000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de agua de riego, equivalentes entre 800 a 1.000 mm., de precipitación durante los seis meses de crecimiento vegetativo, del cual, dependerá en gran medida el éxito del cultivo. Por este motivo los álamos deben ubicarse en terrenos con posibilidades de riego, en la rivera de los ríos o esteros y en aquellas zonas donde sea suficiente con el aporte del agua lluvia, (FAO, 1980).

- **Necesidad de elementos minerales**

Los álamos requieren elementos minerales en cantidades pequeñas que son indispensables para la vida, entre los elementos plásticos se tiene el nitrógeno, fosforo, y cierto cationes metálicos, como potasio y el calcio, que forman parte más o menos importante en la constitución de la materia viva y los elementos oligoelementos, como el cobre, hierro y el boro, que son

indispensables para la vida, pero siempre en cantidades muy pequeñas, (FAO, 1980).

### **2.6.3 Requerimientos edáficos.**

Esta especie prefiere suelos de texturas medias a livianas, es decir, de preferencia areno-limosos, o francos limo-arcillosos, bien aireados (buena permeabilidad y drenaje), no compactados y profundos (no inferior a 70 cm.). Los suelos con un contenido de arcilla superior a un 30 % no deben ser considerados para su cultivo, al igual que aquellos que presentan aguas estancadas poco oxigenadas y donde el mapa freática no baja más de 50 cm. desde la superficie del suelo. El pH del suelo debe ser cercano a la neutralidad y su óptimo se encuentra entre 6,5 y 7,0. (FAO, 1980).

### **Fisiología del álamo**

Los factores que influyen en el estaquillado son numerosos y varios:

- **Factores anatómicos**

Varios autores han puesto en evidencia la existencia de esbozos de raíces en las ramillas de ciertos álamos, observaron estos esbozos de raíces, desde el principio de julio, sobre el tercio inferior de las ramillas de las cepas madres de álamos, (Hartmann y Kester, 1980).

- **Factores fisiológicos**

Son numerosos y varios los factores fisiológicos que intervienen en el brote, enraizado de estaquillas.

Interviene la edad de los árboles sobre los cuales se obtienen las estaquillas, las estaquillas obtenidas de árboles jóvenes arraigan más fácilmente que la de las obtenidas sobre árboles viejos. Sobre estos últimos solo los brotes de chupones, los

brotos de cepa o raíz, producen estaquillas que presentan una buena aptitud al enraizamiento.

Los brotes de un año, o como máximo dos años, producen las mejores estaquillas, a condición de que se corten en los dos tercios inferiores, la extremidad distal de los ramos, generalmente mal lignificado, no es conveniente un desigual reparto de las sustancias inhibitorias, (Hartmann y Kester, 1980).

La época de obtención de estaquillas juega un papel muy importante.

La influencia de la nutrición sobre el arraigo de las estaquillas parece doble:

Por una parte, interviene al nivel del vegetal del cual se obtienen las estaquillas.

Actúa sobre las estaquillas mismas después de su colocación

- **Factores de medio**

Desempeña un papel importante la temperatura del suelo en el cual se colocan las estaquillas, es favorable una temperatura de 21°C y 27°C favorables al arraigo de las estaquillas.

La humedad de suelo influye fuertemente en el arraigo de las estaquillas de álamos se necesitan (80-100) % de humedad, la textura de suelo, los arenosos son un poco favorable al arraigo, sin duda su capacidad de retención de agua es extremadamente débil, por lo tanto es recomendable suelos franco-limoso (Hartmann y Kester, 1980).

## **2.7 MULTIPLICACIÓN DE LOS ÁLAMOS Y TÉCNICAS DE VIVERO**

Los álamos se reproducen casi siempre por la vía asexual o vegetativa, constituyendo esta una de sus características esenciales.

(FAO, 1980), indica dos tipos de propagación de plantas que se observan en la naturaleza: sexual (o por semilla) y asexual (o vegetativamente), en las cuales se puede lograr una diversidad de técnicas de siembra dependiendo del tipo de especie que se vaya a propagar.

### **2.7.1 Propagación Sexual o por Semilla**

Algunos autores afirman que la reproducción sexual de los árboles, donde la semilla es el medio principal, constituye el método más importante por cuanto se producen plantas más vigorosas, adaptables y sanas. El método según estos autores, presenta una serie de eventos de tipo biológico cuya comprensión y entendimiento permiten establecer los procedimientos a seguirse en el campo silvicultural, sobre todo en el manejo de semillas, (Miller, 1967).

Cuando se trata de semillas obtenidas por recolección en el campo o por el contrario de las ramas cortadas poco antes de la floración y aisladas en vasos de fecundación controlada, los sedimentos maduran al principio de la primavera, (Miller, 1967).

Estos se siembran en cajones con tierra muy fina o bien arena con algo de limo, antes se riega el semillero y se lo mantiene constantemente húmedo hasta su recolección, protegiendo con una capa de paja o con vidrieras (Huanca, 2001).

La reproducción sexual en los árboles aporta diversidad genética a la población, que favorece a los individuos forestales para su adaptación futura a condiciones ambientales cambiantes (Smith y Smith, 2001).

Según (Miller, 1967), el uso de semillas es la forma más común de propagación forestal. Generalmente la propagación de plantas por medio de semillas se caracteriza por lo que:

- Permite almacenar el material reproductivo para tener disponibilidad en época apropiada.
- Permite producir grandes cantidades de material plantable.
- Requiere de personal especializado para la producción.

### **2.7.2 Multiplicación Asexual o Vegetativa**

Se entiende por “multiplicación vegetativa” el obtener raíces partiendo de un segmento de planta, se pueden distinguir dos grupos principales:

- Multiplicación autovegetativa (estaquillado, acodo, etc.)
- Multiplicación heterovegetativa (injerto de pua o yema, etc.)

También conocida como propagación indirecta o agámica. Se efectúa con partes de una planta, provista de yemas y con capacidad de enraizamiento para originar nuevos individuos o insertando dichas yemas a otras plantas afín y capaces de soldar sus tejidos para proseguir su desarrollo normal. De esta manera puede asegurarse la plena transmisión de los caracteres fijos de una variedad vegetal (Sáenz, H. & Sánchez, L; 1993).

Este tipo de propagación consiste en la reproducción de individuos a partir de porciones vegetativas de las plantas cuyos órganos vegetales tienen la capacidad de regenerarse (Chamba, 2002).

La propagación vegetativa o clonación se define como la reproducción de una planta a partir de una célula un tejido, órgano (raíces, tallos, ramas, hojas). En teoría, cualquier parte de una planta puede dar origen a otra de iguales características según sean las condiciones de crecimiento como luz, temperatura, nutrientes, sanidad, etc. (Rojas *et al*, 2004).

### **2.7.3 Características de la propagación asexual o vegetativa**

La reproducción asexual, o sea la reproducción utilizando partes vegetativas de una planta original es posible; esto se debe a que muchas de las células de los tejidos vegetales ya maduros conservan la potencialidad de multiplicarse, de diferenciarse y dar origen a diversas estructuras como tallos y raíces; estos grupos celulares forman parte de meristemas primarios y secundarios que pueden encontrarse en todos los órganos de las plantas.

Este tipo de propagación se orienta a la reproducción idéntica de plantas con características deseables como la alta productividad, calidad superior o tolerancia al estrés biótico o abiótico y como tal, juega un papel muy importante en la permanencia de una característica ideal de una generación a otra (Rojas *et al*, 2004).

Además en algunos casos, existen especies que no producen semillas o producen muy pocas, es por eso que se escoge la reproducción vegetativa porque es fácil y rápida (estacas de cercas vivas, producción temprana de frutales) o porque se busca reproducir fielmente las características de una planta (Chamba, 2002).

#### **Formas de propagación asexual**

Según Vásquez *et al*, 1997, la propagación tiene tres variantes, que son: la micropropagación a partir de tejidos vegetales en cultivo *in vitro*, la propagación a partir de bulbos, rizomas, estolones, tubérculos, o segmentos (esquejes) de las plantas que conserven la capacidad de enraizar y; la propagación por injertos de segmentos de la planta sobre tallos de plantas receptoras más resistentes. A continuación se describen algunas de estas formas de reproducción:

- **Propagación por estacas**

En la propagación por estacas, una parte del tallo, de la raíz o de la hoja se separa de la planta madre, se coloca bajo condiciones ambientales favorables y se le induce a formar raíces y tallos, produciendo así una nueva planta independiente, que en la mayoría de los casos es idéntica a la planta de la cual procede (Huanca, 2001).

La propagación por estacas consiste en cortar brotes, ramas o raíces de la planta, las cuales se colocan en una cama enraizadora, con el fin de lograr la emisión de raíces y brotación de la parte aérea, hasta obtener una nueva planta (Rojas *et al*, 2004).

- **Importancia y ventajas de la propagación por estacas**

Este es el método más importante para propagar arbustos ornamentales. Las estacas también se usan ampliamente en la propagación comercial en invernadero de muchas plantas con flores de ornato y se usa en forma común para propagar diversas especies de frutales.

A través de la propagación de estacas se pueden iniciar muchas plantas en un espacio limitado, partiendo de unas pocas plantas madres, este es un método poco costoso, rápido y sencillo; puesto que no necesita de técnicas especiales a emplear (Huanca, 2001).

En las especies que se propagan con facilidad por estacas, este método tiene numerosas ventajas:

- Se pueden iniciar muchas plantas en espacio limitado, partiendo de unas pocas plantas madres.
- Es poco costoso, rápido y sencillo, no necesita técnicas especiales que se emplean para el injerto.

- No tienen problemas por compatibilidad entre el patrón e injerto o por malas uniones de injertos.
- Se tiene mayor uniformidad por no haber una variación que a veces resulta en las plantas injertadas, debido a la variabilidad de los patrones obtenidos por semilla.

Además, lo importante de este tipo de propagación es la homogeneidad de las nuevas plantas obtenidas, no se presentan problemas de incompatibilidades en la propagación, y se conservan las características genéticas (Rojas *et al*, 2004).

### **Tipos de estacas**

Las estacas casi siempre se hacen de las porciones vegetativas de la planta, como los tallos modificados (rizomas, tubérculos, cormos y bulbos), las hojas o las raíces. Se pueden hacer diversos tipos de estacas, que se clasifican de acuerdo con la parte de la planta de la cual proceden (Huanca, 2001).

El tipo usado depende de las circunstancias específicas, empleándose de ordinario el menos costoso y más fácil.

- **Estaca de tallo**

Este es el tipo más importante de estacas y puede dividirse en cuatro grupos, de acuerdo con la naturaleza de la madera usada: de madera dura, de madera semidura, madera suave y herbácea.

En la propagación por estacas de tallo se obtienen segmentos de ramas que contienen yemas terminales o laterales, con la mira de que al colocarlas en condiciones adecuadas, produzcan raíces adventicias y, en consecuencia, plantas independientes.

El tipo de madera, el período de crecimiento usado para hacer las estacas, la época del año en que se obtengan y otros factores pueden ser de mucha importancia para asegurar el enraizamiento satisfactorio de algunas plantas. La información concerniente a esos factores se da aunque parte de ese conocimiento puede conseguirse en la práctica misma de propagar plantas (Huanca, 2001).

- **Estacas de hoja**

En este tipo de estacas, la lámina de la hoja o lámina y el peciolo se utiliza para iniciar una nueva planta.

Algunas especies herbáceas, como las violetas africanas se producen raíces a partir de sus hojas y posteriormente tallos; sin embargo, esto no ocurre con facilidad en la mayoría de los árboles. Los cortes que incluyen además de la hoja una yema axilar y un fragmento de rama son adecuados para propagar algunas plantas como las camelias y los rododendros, que son especies leñosas y también se utilizan para propagar árboles cuando la cantidad disponible de otro tipo de segmentos es escasa (Huanca, 2001).

- **Estacas de hoja con yema**

Este tipo de estacas consiste de una hoja completa (limbo y peciolo) y una porción de tallo portando las yemas axilares correspondientes.

Este método es sumamente valioso cuando el material de propagación es escaso, por qué de la misma cantidad de material original se puede conseguir cuando menos el doble de las plantas de los que se obtienen con las estacas de tallo (Huanca, 2001).

- **Estacas de raíz**

Corresponde a un tejido radical engrosado, con una corona provista de yemas aéreas en un extremo y raíces en el otro. El tejido primario de almacenamiento está constituido por raíces (Huanca, 2001).

Al hacer la plantación, se inserta la estaca en porción vertical de modo que el extremo superior quede justo en el nivel del suelo. Sin embargo en muchas especies resulta igualmente satisfactorio plantar las estacas en porción horizontal, a una profundidad de 2.5 a 5 cm.

**Cuadro 2.** Clasificación de las estacas en la propagación asexual o vegetativa

<b>a) Tipos de estacas</b>
<i>Estacas de tallos</i>
<i>De madera dura</i>
<i>Caducifolias</i>
<i>Siempre verdes de hojas angostas</i>
<i>De madera semidura</i>
<i>De madera suave</i>
<i>Sebáceas</i>
<i>Estacas de hoja</i>
<i>Estacas con hoja y yema</i>
<i>Estacas de raíz</i>

## 2.8 ELECCIÓN Y MANEJO DE LA PLANTA DONANTE

Las plantas donantes pueden ser vigorosas, sanas y estar sujetas a un buen manejo para asegurar la producción continua y prolongada de gran número de estacas de fácil enraizamiento.

Se pueden cosechar brotes de una misma planta donante cada dos o tres meses, pero no se recomienda hacer cosechas muy frecuentes, pues se afectarían las reservas alimenticias de la planta, su sistema radicular y la fertilidad del suelo.

La planta donante debe ser fertilizada con regularidad y mantener por lo menos una rama con hojas que pueda continuar fotosintetizando y que de esta manera sirva como brote alimentador para la planta donante. En lo posible la planta donante debe mantenerse en la sombra, al menos por unas semanas, evitando el estrés hídrico, lo cual favorecerá el futuro enraizamiento de las estacas (Huanca, 2001).

### **2.8.1 Obtención y preparación de estacas**

- **Origen**

Las estacas pueden obtenerse de la siguiente manera:

- De los brotes o chupones, bien desarrollados que nacen los frutos sobre todo alrededor de las heridas de limpiar y recogidas en el momento de la poda.
- De los renuevos del año procedentes de árboles padres desmochados.
- De los ramos laterales de las plantas cortadas en el vivero
- De las ramillas de un año extraídos de la parte alta de los árboles jóvenes vigorosos.

En estos casos es necesario realizar una selección de las estacas, ya que es importante obtener material joven que se recoge de los árboles o plantas respectivas, sanas y vigorosas. Aislar aquellas raquíticas, enfermas o sospechosas, ya que la facultad de regeneración disminuye al aumentar la edad del material del cual se sacan las estaquillas. En Italia y otros países se prefiere el vivero de “barbatelles” de árboles padres, que permiten elegir los ejemplares mejores formados, (Huanca, 2001).

Una vez cortadas las estacas se introducen en una bolsa de polietileno humedecida, para transportarlas hay que conservarlas bajo sombra sin presionar la bolsa. Si se

están llevando las estacas a larga distancia, hay que colocarlas en cajones en condiciones frías, pero asegurando que no estén directamente en contacto con elementos fríos. En el vivero, hay que tener todos los equipos y herramientas listas para no sufrir demoras entre el corte y la propagación, ya que la demora puede causar secamiento de las estacas, (Huanca, 2001).

La obtención de las ramas de la planta madre debe realizarse temprano en la mañana o al final de la tarde, antes de las 10 a.m. y después de la 4 pm, para evitar pérdidas de agua durante las horas de máxima insolación, esto conservará la transpiración y se reduciría el secamiento.

Las estaquillas de las ramas de donde se obtendrán los cortes deben tener entre 8 y 10 cm de largo hay que reducir el área foliar debido a que las hojas muy grandes favorecen la pérdida de agua y las muy pequeñas no producen suficientes carbohidratos, se puede reducir el área foliar podando las hojas cuidadosamente antes de que las ramas sean separadas de la planta madre, así se reduce la pérdida de agua cortando las hojas (Rojas *et al*, 2004).

- **Época del año en que se corte la estaca.**

Para algunas especies la época de recolección es determinante en el proceso de enraizamiento (Hartmann y Kester 1980). Ello en especial para estacas verdes, de madera blanda, las que generalmente deben extraerse en primavera o verano.

En el caso específico de las coníferas, el estado óptimo para recolectar dicho material está relacionado con el suministro de carbohidratos y la presencia de tejido joven para el crecimiento celular, lo cual es posible de observar en el período previo a la formación de madera de verano, (Huanca, 2001).

Muchas especies de difícil enraizamiento presentan mejores resultados al recolectar las estacas en breves períodos de primavera. Sin embargo, cuando se presentan problemas de enraizamiento, deben hacerse pruebas para determinar cuál es la mejor época de extracción para cada especie, (Huanca, 2001).

- **Diámetro**

El grueso de las estacas como mínimo es de 8mm. El óptimo está comprendido entre (10-20 mm.), las estacas con este calibre son mejores que las de diámetro superior, pues se ha comprobado que a partir de los 20 mm de diámetro las estaquillas brotan con menor vigor, y entre 25-30 mm un diámetro medio, (Huanca, 2001).

En el caso de clones de los álamos que brotan fácilmente o que se inocula hormonas para estimular el crecimiento por ende el enraizamiento de las estacas, no interesa ni el grosor de las estacas, ni el lugar de donde provienen, influyen en el arraigue y desarrollo de las plantas.

### **Longitud**

La longitud de estaquillas depende de la naturaleza de suelo del vivero. En suelos superficiales las estaquillas serán más largas. En términos generales la longitud de las estaquillas es de 20 cm, en el presente estudio se tomara estacas de tallo de 30 cm de longitud, (Huanca, 2001).

## **2.9 TRATAMIENTOS APLICADOS A LAS ESTACAS**

### **2.9.1 Aplicación de reguladores de crecimiento (Hormonas sintéticas)**

Las hormonas vegetales llamadas auxinas, fabricadas por las plantas, intervienen en la formación de las raíces de las estaquillas. A través del tiempo se ha logrado

sintetizar compuestos capaces de estimular (inducir) o de acelerar esta formación de la raíz; (Hartmann y Kester, 1980).

Los productos más utilizados para favorecer el enraizamiento en estacas son las auxinas sintéticas o ácidos orgánicos, tales como el ácido indolbutírico (IBA), el ácido naftalenacético (ANA) y en un menor grado el ácido indolacético (AIA). En razón a su actividad fisiológica se le ha dado el nombre de hormonas auxinas de síntesis, por analogía con las hormonas naturales, pero es preferible designarlas con el nombre de sustancias reguladoras de crecimiento, (Hartmann y Kester, 1980).

A menudo, las mezclas de sustancias estimuladoras del enraizamiento son más efectivas que cualquiera de sus componentes aislados. Por ejemplo, cuando en cierto número de especies muy diferentes se usó una mezcla de partes iguales de ácido indolbutírico y ácido naftalenacético, se encontró que inducía un mayor porcentaje de enraizamiento en las estacas y la producción de más raíces por estaca que cada material por separado (Hartmann y Kester, 1980).

Para uso general en el enraizamiento de estacas de tallo de la mayoría de las especies de plantas es muy recomendado el ácido indolbutírico y en otras ocasiones el ácido naftalenacético. Para determinar cuál regulador tiene mejores resultados y en que concentración óptima influye en el enraizamiento de una especie, es necesario realizar pruebas empíricas (Hartmann y Kester, 1980).

## **2.9.2 Condiciones ambientales durante el enraizamiento**

### **A) Suelo**

Según Hartmann y Kester (1988), el medio de enraizamiento tiene tres funciones, además el medio de enraizamiento puede afectar al tipo de sistema radical que se origina en los esquejes:

- Mantener los esquejes en su lugar durante el periodo de enraizamiento.
- Proporcionar humedad a los esquejes.
- Permitir la penetración de agua a la base de los esquejes.

## **B) Clima**

- **Temperatura**

Según Hartmann y Kester (1980), los parámetros de temperatura deben ser de 21 °C mínimo y como máximo 27 °C para finalizar la dormancia, las temperaturas del aire en excesivo elevadas, tienden a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación al desarrollo de las raíces y a aumentar la pérdida de agua por las hojas. Es importante que las raíces se desarrollen antes que el tallo.

A su vez Rodríguez y Ruista (1981), indican para que el enraizamiento como el prendimiento se realice en forma normal y el tiempo conveniente, la temperatura debe ser superior a la exigencia de la misma especie para desarrollar normalmente, una vez enraizado a temperatura de 21 °C.

- **Luz**

Según Hartmann y Kester (1980), en todos los tipos de crecimiento y desarrollo de las plantas, la luz es de importancia primordial como fuente de energía para la fotosíntesis.

En el enraizamiento de esquejes, los productos de la fotosíntesis son importantes para la iniciación y crecimiento de las raíces.

Rodríguez y Ruista (1981), afirman que es importante que los nuevos brotes reciban luz a fin de que sus hojas puedan absorber el anhídrido carbónico, el aire y elaborar los elementos nutritivos que sirvan para la formación y crecimiento de las raíces.

Hartmann y Kester (1980), sugieren que la luz favorece la permeabilidad protoplasmática y la apertura de los estomas con lo cual se aumenta la transpiración y

la posibilidad de enraizamiento de los esquejes, razón por lo cual es aconsejable proteger los esquejes o estacas de una luz solar directa, mediante una sombra.

- **Humedad**

Según Rodríguez y Ruista (1981), el agua viene a ser el factor principal en el enraizamiento de los esquejes o estacas, su principal misión es movilizar los elementos nutritivos y evitar el desecamiento del material vegetal utilizado. La humedad en el suelo debe ser proporcional a la humedad necesaria para la movilización de nutrientes y la humedad relativa debe ser elevada a fin de reducir la transpiración. Estos son los motivos por los cuales los esquejes o estacas deben regarse continuamente porque algunas especies requieren instalaciones para el riego que aseguran una humedad relativa superior al 80%.

Aunque la presencia de hojas en los esquejes constituye un fuerte estímulo para la iniciación de raíces, la pérdida de agua por las hojas puede reducir el contenido de agua de las estacas a un nivel tal que, ocasione su muerte antes de que pueda efectuarse la formación de raíces.

Rodríguez y Ruista (1981), indican que para lograr un buen enraizamiento de los esquejes con hojas es esencial que estas mantengan su turgencia y que tengan un potencial de agua elevado.

### **C) Salinidad**

Hartmann y Kester (1980), mencionan que la calidad de agua es un factor de importancia en el enraizamiento de estacas o esquejes y cultivo de plantas jóvenes para obtener un buen resultado del contenido total de sales en la provisión de agua no debe exceder del 1400 ppm aproximadamente.

Los mismos autores indican que, el agua tiene una alta proporción de sodio respecto al calcio y magnesio puede afectar adversamente las propiedades físicas como las

tasas de absorción de los suelos, por lo que sugieren este tipo de agua para el riego de estacas en enraizamiento no debe ser salina.

### **2.9.3 Medios de enraizamiento natural**

Según Hartmann y Kester (1980), indican que los suelos constituyen una capa muy delgada de material sobre la superficie terrestre; la profundidad del suelo sus propiedades fisicoquímicas varían de acuerdo con el lugar.

Al respecto Chávez y Egoavil (1991), indican que el sustrato es la tierra en la cual se desarrollan las plantas y sus componentes son: tierra, arena, abono y humus.

- **Tierra**

La tierra es el componente básico, que de acuerdo a las características puede variar en el contenido nutritivo y las condiciones de drenaje mediante el agregado de otros componentes (Chávez y Egoavil, 1991).

Al respecto, Hartmann y Kester (1980), mencionan que la proporción de las partículas del suelo determina la retención de agua, la estructura del suelo y la disponibilidad de aire y nutrientes.

- **Arena**

La arena es el componente que se utiliza para mejorar la tierra a fin de evitar el endurecimiento del sustrato, facilitar el crecimiento de las raíces y favorecer la filtración del agua (Chávez y Egoavil, 1991).

La “arena de río”, cernida, lavada y desinfectada es un buen sustrato y permite controlar eficientemente el ataque de hongos, el inconveniente es que las plantas no pueden permanecer por mucho tiempo en el almácigo (recría), ya que la arena carece de reservas para nutrir a las plantas (FAO, 1980).

Según la FAO (1980), la arena como sólido varía de 0,05 – 2 mm de diámetro, y depende en forma directa de la roca materna que virtualmente no contiene nutrientes minerales ni capacidad amortiguadora respecto a sustancias químicas, por lo que la porción líquida y gaseosa del suelo adquiere su importancia porque tiene minerales en solución, oxígeno y bióxido de carbono.

Los esquejes de algunas especies si se hacen enraizar en arena producen raíces largas, no ramificadas, gruesas y quebradizas.

- **Abono**

El abono es la sustancia de origen vegetal que se agrega a la mezcla para complementar los elementos nutritivos necesarios para un buen desarrollo de la planta (Chávez y Egoavil, 1991).

Cuando se enraízan en una mezcla como de arena y musgo turboso, o de perlita musgo turboso, desarrollan raíces bien ramificadas, delgadas y flexibles, de un tipo más apropiado para extraerse y volver a plantar (Hartmann y Kester, 1980).

- **Turba**

Otro medio de enraizamiento natural es la turba, según, (Chávez y Egoavil, 1991), la turba es la materia orgánica en su último estado de descomposición por acción de los microorganismos del suelo.

Hartmann y Kester (1980), indican que los restos vegetales y animales que forman el componente orgánico del suelo a través de diversas etapas de descomposición culminan en una sustancia estable conocida como turba.

A su vez, (Chávez y Egoavil, 1991), mencionan que las ventajas y desventajas de utilizar los sustratos de suelo, arena y turba son diversas, siendo las siguientes como las más importantes.

- **Cascarilla de Arroz.**

Mollitor 2004, manifiesta que como materiales orgánicos se pueden emplear cortezas, chips de madera, compost de diversos orígenes, fibras de coco y subproductos agroindustriales.

Sobre las características de la cascarilla como materia del sustrato Calderón 2001, menciona que es un subproducto de la industria molinera, que se produce ampliamente en las zonas arroceras y que ofrece buenas propiedades para ser usado como sustrato brindando características como la de guardar temperatura permitiendo acelerar el proceso de germinación de semillas.

#### **2.9.4 Propiedades requeridas en los sustratos o mezclas**

Castañeda (1984) mencionado por Condori (2006) señala que hay medios y mezclas que se usan y tienen propiedades en común, las cuales son esenciales para una planta:

- Medio consistente y denso para que las estacas permanezcan en su lugar durante el enraizado.
- Retentivo en humedad, que no necesite ser regado con demasiada frecuencia.
- Debe ser poroso, de modo que el exceso de agua se drene, permitiendo una duración adecuada.
- Libre de hierbas, nematodos y patógenos.
- Debe tener un pH adecuado para que la estaca se pueda propagar.

#### **Funciones del sustrato**

Las planitas requieren continuamente agua para su crecimiento y para otros procesos fisiológicos como la transpiración; dicha agua debe ser suministrado por medio del sustrato en que se encuentran.

Las raíces de plantas están constituidas por tejidos vivos que necesitan gastar energía para crecer y para los procesos fisiológicos. La energía para dichas actividades fisiológicas es generada por la respiración aerobia, lo cual requiere un suministro continuo de oxígeno. El producto de esta respiración es CO<sub>2</sub>, el cual puede acumularse en niveles tóxicos si no se dispersa en la atmósfera. Por consiguiente el sustrato debe ser lo suficiente poroso como para proporcionar un cambio eficiente de oxígeno y dióxido de carbono.

### **Desinfección del sustrato**

Hoyos (2004); recomiendan la desinfección del sustrato, para evitar la proliferación de enfermedades, hongos y microorganismos que puedan dañar las plántulas. En viveros grandes la desinfección se la realiza utilizando productos químicos como el Formol al 40%, Bromuro de metilo, etc., pero el manejo de los mismos requiere de manos expertas; no obstante también es posible desinfectar con agua hervida, siendo éste un procedimiento menos costoso y de fácil ejecución.

Callisaya (1999) denota que para evitar la presencia de larvas de insectos y hongos que puedan dañar a las plántulas recomienda hacer una desinfección del sustrato que puede ser:

- Usando agua hirviendo, que se aplica 15 litros para 2 m<sup>2</sup> de sustrato con una regadera de ducha fina, 24 horas antes de la siembra; donde el éxito depende de una buena distribución del agua en el sustrato.
- Utilizando formaldehído (250 cm<sup>3</sup> de formol al 10% disuelto en 15 litros de agua), distribuido en 3 m<sup>2</sup> de sustrato, para protegerlo se debe usar un plástico para evitar la evaporación de los gases. Después de 48 horas se destapa y se comprueba que el olor penetrante del formol haya desaparecido.

## 2.10 OTROS ANTECEDENTES

Los cultivares más usados en Chile, por sus ventajas en términos de crecimiento, calidad de madera y adaptabilidad a variadas condiciones de sitio son el *Populus nigra* Cv. “Itálica” y los *Populus X Euroamericano* Cv. “I - 63/51”, “I - 488” e “I - 214”. (CONAF, 1998).

En términos generales, las plantaciones artificiales de álamo son de rotaciones cortas, que acumulan rápidamente un gran volumen de alta calidad con densidades de 278 a 312 árboles por hectárea, pueden alcanzar turnos entre 10 a 15 años con una producción de 320 a 350 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, con un crecimiento medio de 23 a 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> al año. Este tipo de plantaciones, con amplios espaciamientos (Mayores a 32 M<sup>2</sup>), son capaces de proporcionar madera de grandes dimensiones (entre 35 a 40 cms de diámetro y una altura entre 30 a 35 mts de altura), ideal para su utilización en el proceso de debobinado con destino a la producción de chapas, fósforos, cajitas, palos de helado, schopstick, etc. (Baeyens-López, 1990).

Pero también es una especie muy sensible a la competencia y su alto requerimiento de luz los hace individuos muy intolerantes, por lo que requieren una gran distancia de plantación. (Baeyens-López, 1990).

En Chile existen aproximadamente 11.000 hectáreas plantadas con esta especie, considerando las plantaciones en bosques y las alamedas, que corresponden al 0,6 % de la superficie total de plantaciones exóticas en el ámbito nacional, constituyéndose en la sexta especie exótica más importante del país. (CONAF, 1998).

## 2.11 USOS DE LA MADERA

La madera de álamo es blanda, presenta una densidad de 270 a 420 kg m<sup>-3</sup>, fácil de trabajar, de color claro, blanco cremoso, sin un veteado marcado, de densidad baja a media, liviana, sin olor, sin sabor y fácil de teñir.

La textura de la madera es en general fina a media, de buenas condiciones para el pulido, es decir, presenta características muy particulares, que la hacen más idónea para algunas utilidades concretas que otras especies, aunque se encuentra prácticamente en todas las aplicaciones en que se emplea la madera como materia prima, tales como: aserrado, debobinado, tableros de fibra, tablero de partículas, para pasta y papel y para la generación de biomasa. (Baeyens-López, 1990).

En general, se caracteriza por tener fibra corta y de alta resistencia mecánica con relación a su peso (densidad), esta madera se ubica dentro de las catalogadas como livianas que dependiendo del clon, los anillos de crecimiento pueden ser bastante visibles. La calidad de la madera varía considerablemente dependiendo de una serie de factores, como el hábito de crecimiento, manejo silvícola, estado fitosanitario y genéticos. (Baeyens-López, 1990).

Estas características de la madera, liviana, blanca, escasa presencia de resinas, estabilidad dimensional, buen acabado y pulido, escasez de olor e insípida la hacen muy apetecida e idónea para ser utilizada en la elaboración de productos que se llevan a la boca, como elementos ginecológicos y embalajes de alimentos.

Actualmente la industria del debobinado constituye la principal aplicación para la madera de álamo, por ser esta la especie más idónea para la fabricación de productos provenientes del desenrollo del fuste, resultando interesante su uso en chapas, contrachapados, palitos de helados, mondadientes, palos de fósforos y los palillos usados en las comidas orientales. (CONAF, 1998).

Los usos más corrientes de la madera de trituración están orientados a la fabricación de tableros de fibra y tableros de partículas que tienen múltiples aplicaciones en la construcción, muebles, puertas y como elementos aislantes. (CONAF, 1998).

El otro uso importante y prometedor, es el empleo de esta especie como materia prima en la industria de la celulosa y el papel. La producción de pasta mecánica es muy antigua y se emplea básicamente en la fabricación de papeles de impresión. También se produce la pasta semi-química que se emplea para casi todo tipo de papeles, salvo los muy finos. Aunque su fibra corta hace que el papel sea de menor resistencia que el fabricado con otras maderas, presenta algunas ventajas, como la mayor blancura, mejor opacidad del papel y mayor flexibilidad. (CONAF, 1998).

En otros países, el cultivo del álamo planificado con plantaciones a rotación corta y alta densidad ha experimentado un alto desarrollo con el objetivo de obtener materia prima para la fabricación de papel. El empleo de algunos clones ha demostrado una resistencia del papel obtenido similar al procedente de maderas de coníferas. (FAO, 1980).

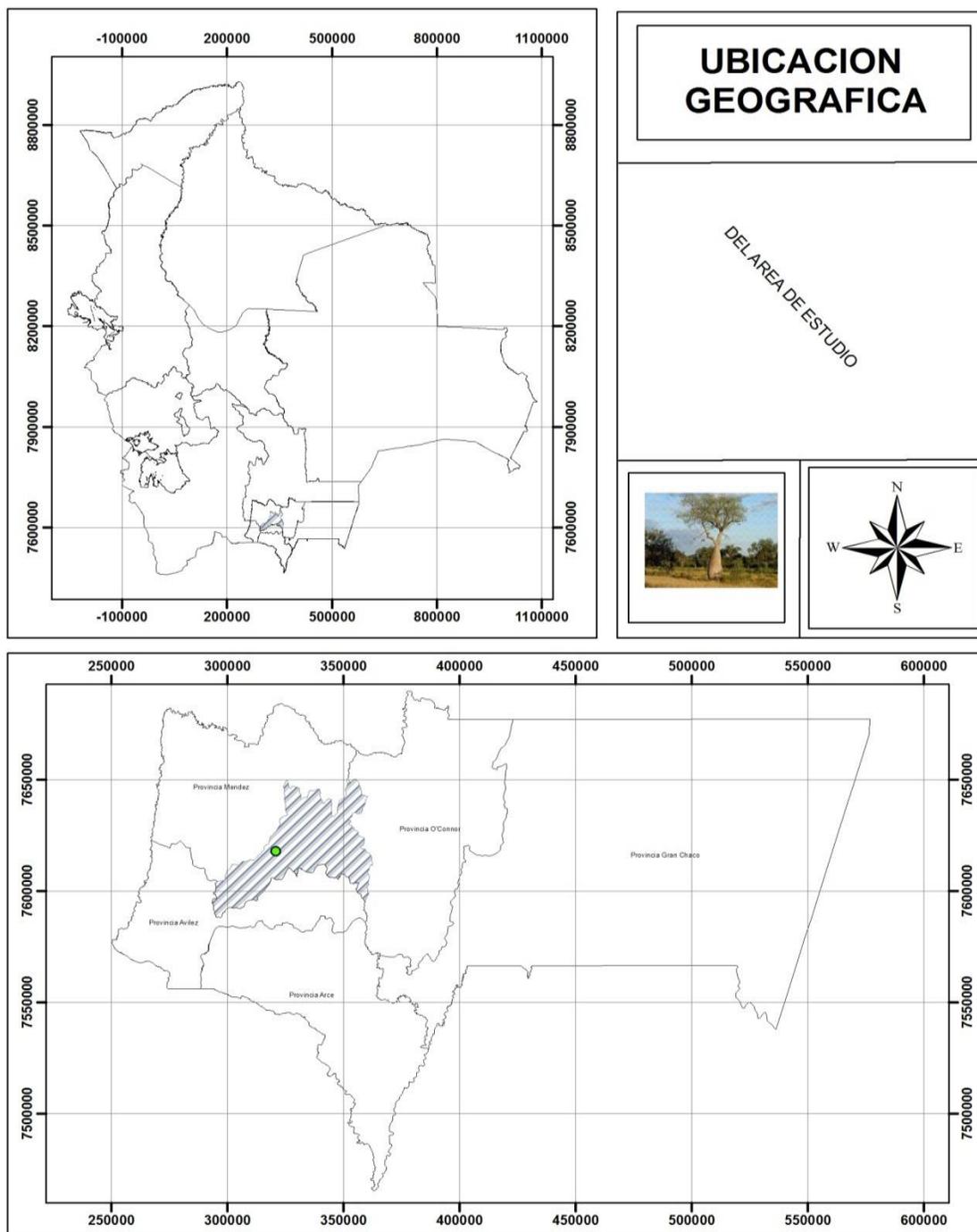
La madera de álamo también tiene otras aplicaciones menos conocidas como es la viruta de madera que se utiliza para la fabricación de aislantes térmicos y acústicos y como combustible para la producción de energía calórica para las propias fábricas y para la población en zonas rurales, lo que permitirá aliviar en forma sustantiva la extracción de maderas valiosas en zonas frágiles donde existe bosque nativo. (FAO, 1980).

Este uso, la producción de biomasa como fuente de energía renovable, en el futuro próximo se puede transformar en un desarrollo estratégico de importancia que permitiría aumentar la forestación de esta especie con fines dendroenergéticos. Las especies que más se están empleando, debido a su rapidez de crecimiento, plasticidad y capacidad de retoñación, son *E. globulus* y *Acacia melanoxylon* R. Brown (Aromo Australiano) y *Acacia dealbata*. En este segmento, el género *Populus* puede ocupar un lugar importante para satisfacer una alta y creciente demanda de energía que será incapaz de ser abastecida por el bosque nativo escaso e inaccesible.

### **3 MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Ubicación geográfica del área de estudio**

El presente trabajo se realizó en el vivero dependiente de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, ubicado en el departamento de Tarija, provincia Cercado, zona El Tejar. El cual se encuentra a 21° de Latitud Sur y 64° 48’ de Longitud Oeste, a una Altura de 1859 m.s.n.m.



**Fuente:** Mapas Bolivia

**Figura: 1** Ubicación del vivero dependiente de la “UAJMS”

### 3.1.2 Características climáticas

#### ➤ Precipitación

Presenta un periodo de 602.6 mm/año, los meses de mayor precipitación son en Enero con 137.5 mm, Diciembre 128.3 mm, Febrero 114.3 mm y Noviembre con una media de 67.3 mm. Podemos decir que el 85% de la precipitación se concentra de Octubre a Marzo según datos de año 2014, tomado en cuenta de la estación del Aeropuerto (SENAMHI, 2014).

#### ➤ Temperatura.

La temperatura está entre los 26.1°C, con máximas extremas que pasan los 39.7°C, en verano y mínimas extremas de hasta menor a 9.6°C en invierno la temperatura máxima esta entre 26.1°C y la media de 17.8°C, según los datos brindados por el (SENAMHI, 2014).

#### ➤ Humedad:

La humedad relativa del Valle Central de Tarija, encontramos alrededor del 60% con variaciones en microclima y por región, presenta en general una humedad relativa alta en verano y otoño e invierno baja, la humedad relativa se encuentra en un orden de 61% (SENAMHI, 2014).

## 3.2 MATERIALES

Con el objeto de determinar el porcentaje de prendimiento se aplicó el método propagación vegetativa a través de estacas de tallo en especie álamo *Populus angulata* Aiton, en el que se tomó como parámetros a evaluar el tipo de corte y diámetro de estacas.

### 3.2.1 Material vegetativo

Para la presente investigación se utilizaron 360 estacas de álamo *Populus angulata* Aiton, los cuales se recolectaron el 17 de julio a horas 07:00 am. Del Parque Temático, con el fin de sumergir durante 24 horas en ácido indol-butírico (AIB), previo a ser plantado.

### 3.2.2 Herramientas y Materiales

- Picota
- Pala
- Machete
- Ladrillos
- Bolsas o sacos
- Rastrillo
- Tijera de podar
- Alicata
- Sierra
- Carretilla
- Palos
- Alambre
- Malla o zaranda
- Malla media sombra
- Balde
- Regla
- Flexo metro
- Envases de polietileno
- Regadera
- Manguera
- GPS

### 3.2.3 Material de gabinete

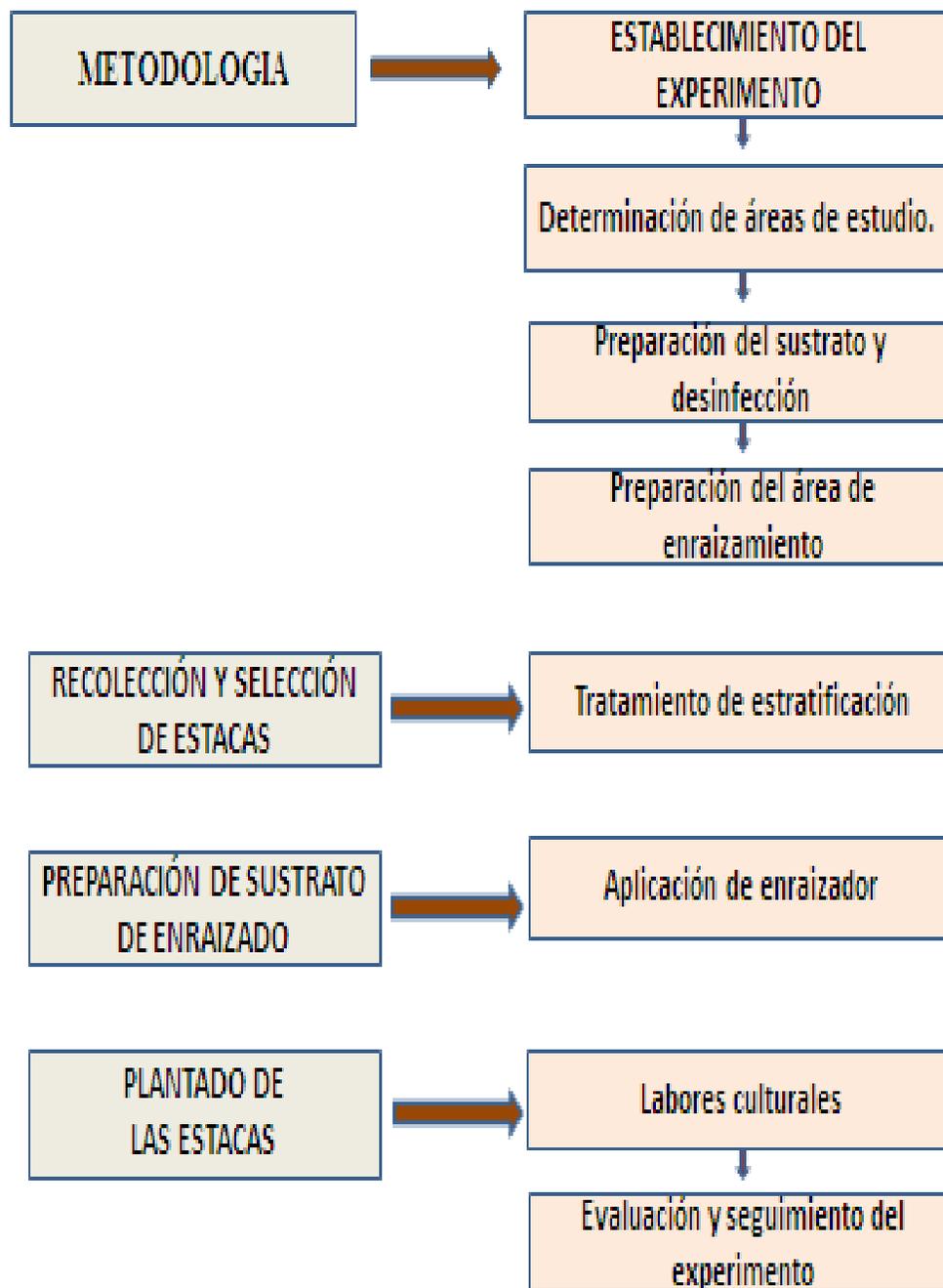
- Computadora
- Libreta de campo
- Tablero
- Papel
- Planillas para toma de datos

### 3.2.4 Sustrato

- Limo
- Arena corriente
- Abono animal o también llamado guano

### 3.3 METODOLOGIA

#### 3.3.1 Metodología para la propagación asexual



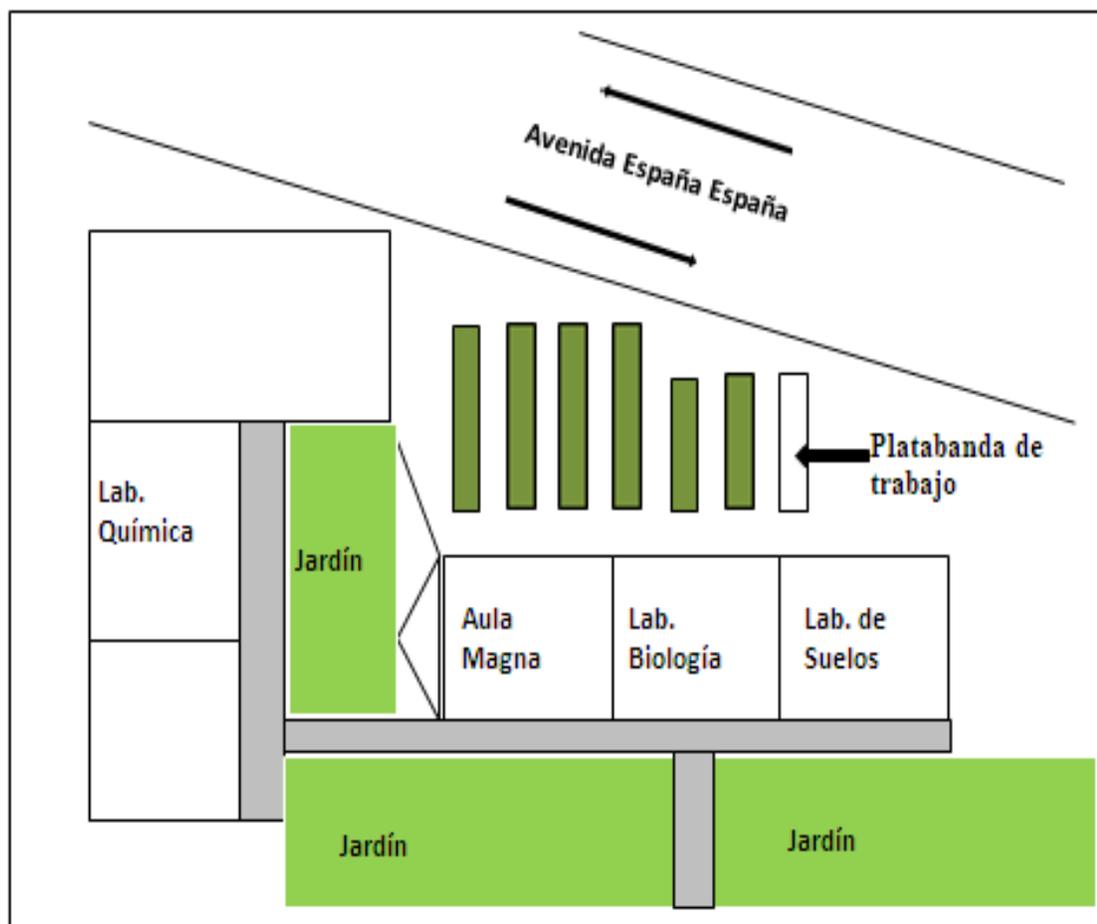
**Figura: 2** Flujo grama de procedimiento experimental

### 3.3.2 Establecimiento del área de estudio del experimento

La parcela experimental, se encuentra en el campus universitario el Tejar, detrás de los laboratorios de Biología, y de Suelos, adyacente a la Avenida España.

Para la ejecución del presente trabajo se optó por una platabanda de  $(4.20 \times 1) \text{ m}^2$ , en el cual la unidad experimental fue dividido con ladrillos gambotes en 18 sub-parcelas experimentales conformados por 20 muestras, los cuales fueron cubierto por malla milimétrica o media sombra para evitar el exceso de radiación mejorar a la formación de brotes,

#### Croquis de campo



**Figura: 3** Croquis experimental de campo

## Sustratos

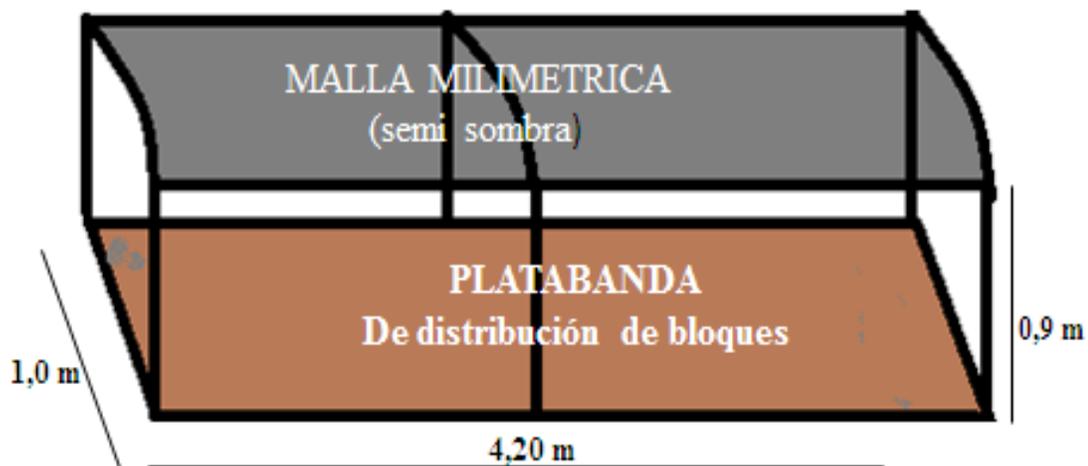
- **Preparación del sustrato**

La preparación del sustrato para el enraizamiento se preparó una mezcla de tres componentes los cuales fueron, limo, arena y abono ovino o también llamado guano, luego se procedió al tamizado con el propósito de eliminar los cascotes o grumos de mayor tamaño para conseguir una mezcla homogénea.

Posteriormente se realizó la mezcla del sustrato en una relación como se tiene

- 50% de limo
- 25% de arena
- 25% de abono animal o guano

Luego el día martes 12 del mismo mes se hizo la mezcla del sustrato con ayuda de una pala, posteriormente el siguiente día se realizó el llenado del sustrato en las en las bolsitas de polietileno de 25 cm de altura y 10 cm de diámetro, y se regó los envases llenados con sustrato durante 5 días previo al plantado de las estacas, por último se armó la media para proteger toda la platabanda de la radiación solar.



**Figura: 4** Componentes y dimensionamiento de la platabanda de propagación de estacas de álamo *Populus angulata* Aiton.

### **3.3.3 Selección, y tratamiento de las estacas**

Las estacas o esquejes que fueron recolectados el 17 de julio del 2016 en la primeras horas, del Parque Temático de la ciudad de Tarija, de la provincia Cercado, en el que se seleccionaron arboles padres, que mostraron estar en buenas condiciones sanitarias, además que reunían las características fenotípicas adecuadas (arboles padres con una altura mayor a 8 metros y mayor presencia de ramas).

Se seleccionaron arboles sanos y vigorosos de aproximadamente 10 metros de altura y que presentaban ramas nuevas no mayores a dos años, para la obtención de estacas de (0.5 a 2) cm de diámetro y 30 cm de longitud y mayor a tres yemas foliares con un promedio de 10 cm de distancia entre yema y yema.

Y así una vez terminada la selección y verificación, se procedió al corte de los esquejes, con una tijera de podar, evitando rasgaduras y el corte se realizó en la parte intermedia y terminal de cada árbol donde tenían mayor cantidad de material vegetativo. Las ramas recolectadas se colocaron en bolsas plásticas para evitar la deshidratación de los mismos durante el transporte, para posteriormente colocarse en agua, conforme a recomendaciones de Hoyos (2004).

Esta recolección se realizó el domingo 17 de Julio a horas 7 am. Según lo recomienda Aguirre (1998) quien indica que se deben hacer en las primeras horas de la mañana y entre los meses de mayo y septiembre para la propagación en viveros.

- **Preparación d la estacas**

Finalmente se procedió a realizar los cortes de las estacas con sus respectivas características y dimensiones de 0.5 a 2 cm de diámetro y 30 cm de longitud, con la ayuda de una tijera de podar, para luego sumergir en ácido indol-butírico durante 24 horas previo al plantado en los envases de polietileno.

- **Tratamiento y aplicación de enraizadores**

Las estacas fueron puestos el día domingo 17 de Julio en bañadores que contenía un enraizador (ácido indol-butirico), donde los tallos estuvieron a 5 cm de la solución, para que recubran los “chichones” de la parte basal, dejando en el enraizador por 24 horas según Condori (2006).

- **Plantado de las estacas**

Se realizó el plantado día lunes 18 del mismo mes con la ayuda de un repicador según Hoyos (2004), con el cual se realizó hoyos de aproximadamente 5 cm de profundidad en las respectivas bolsas de polietileno, con cierta inclinación para el anclado o colocado, debido a que las estacas de Álamo y así se sujetó de la parte superior y se presionó fuerte el sustrato para evitar que puedan quedar espacios vacíos los cuales perjudicarían al enraizamiento.

- **Labores culturales**

Las labores culturales fueron:

**Riego:** El riego se lo realizo cada día con la ayuda de una regadera durante las primeras dos semanas (las cuales fueron para mantener una humedad adecuada) y luego se redujo el riego a día por medio respectivamente durante la investigación.

**Desmalezado:** Se lo realizo a partir del segundo mes ya que no se presentaba malezas.

**Poda:** Se realizó a partir de los 90 del plantado, con la eliminación de brotes no deseados, dejando un brote representativo hasta obtener plantones aptos para ser implantados.

**Toma de datos:** la toma de datos de la presente investigación a partir de los 30 días de la instalación del experimento para las variables número y tamaño de brotes hasta la conclusión de que fue a los 5 meses.

Para las variables, longitud de raíz y porcentaje de prendimiento se lo realizo a los 90 días de la investigación

### 3.4 Diseño experimental

Para el presente estudio de investigación se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos factores con tres repeticiones (2x3), y una prueba de medidas de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

#### 3.4.1. Factores

Los factores en la presente investigación fueron:

**Cuadro 3.** Factores de estudio a evaluar en la propagación de álamo *Populus angulata* Aiton.

A = TIPO DE CORTE	B = DIAMETRO DE ESTACA
A1 Corte recto	B1 = Diámetro grande (1,5 - 2 cm)
A2 Corte bisel	B2 = Diámetro medio (1 – 1,5 cm)
	B3 = Diámetro pequeño (0,5 – 1 cm)

#### 3.4.2 Combinación factorial

Según la tabla de doble entrada como regla, se tiene cada combinación como un tratamiento factorial: de 2x3, que nos da como resultado 6 tratamientos con tres repeticiones haciendo un total de 18 unidades experimentales, donde el factor A es representado por dos tipos de cortes (corte recto y corte bisel) y el factor B tres diámetros diferentes de estacas (diámetro grande, diámetro medio y diámetro pequeño).

**Cuadro 4.** Combinación factorial para cada unidad experimental

<b>DIAMETRO DE ESTACA = B</b>			
<b>TIPO DE CORTE = A</b>	<b>b1</b>	<b>b2</b>	<b>b3</b>
<b>a1</b>	a1b1	a1b2	a1b3
<b>a2</b>	a2b1	a2b2	a2b3

De acuerdo a esto se tiene la siguiente combinación por unidad experimental:

**Cuadro 5.** Interacción de dos factores: tipos de corte x diámetro

<b>Tratamiento</b>	<b>Interacción</b>	<b>Tipo de corte</b>	<b>Diámetro</b>
<b>T1</b>	<b>a1b1</b>	Recto	Grande
<b>T2</b>	<b>a1b2</b>	Recto	Medio
<b>T3</b>	<b>a1b3</b>	Recto	Pequeño
<b>T4</b>	<b>a2b1</b>	Bisel	Grande
<b>T5</b>	<b>a2b2</b>	Bisel	Medio
<b>T6</b>	<b>a2b3</b>	Bisel	Pequeño

### 3.4.3 Modelo matemático

El análisis se realizará con el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{jk} + E_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$	= Cualquier observación
$\mu$	= Media general del experimento
$\alpha_i$	= Efecto del i-ésimo nivel del factor A (Tipo de corte)
$\beta_j$	= Efecto del j-ésimo nivel del factor B (Diámetro de estacas)
$(\alpha*\beta)_{ij}$	= Interacción de ambos factores
$E_{ijk}$	= Error experimental

### 3.4.4 Croquis del experimento



**Figura: 5** Croquis del experimento

### 3.5 Variables de respuesta a evaluar

Para la cuantificación de los tratamientos descritos anteriormente se consideraron las siguientes variables de respuesta porcentaje de prendimiento, tamaño de brotes, numero de brotes y longitud de raíz.

#### 3.5.1 Porcentaje de prendimiento

Para la evaluación del porcentaje de prendimiento se lo realizo a la conclusión de la investigación que fue a los 90 días después del plantado, por conteo simple y luego se demostró el porcentaje las plantas vivas a la conclusión, utilizando la siguiente fórmula.

$$\%P = \frac{NPV}{NPT} * 100$$

**Dónde:**

%P = Porcentaje de prendimiento

NPV = Numero de plantas vivas

NPT = Numero de plantas totales

#### 3.5.2 Tamaño de brotes

Para el registro del tamaño de brotes se realizó con la ayuda de una regla milimétrica, a las muestras seleccionadas, que se tomó en cuenta el brote principal y representativo, el cual se realizó en intervalo de 30 días, hasta la conclusión de experimento, que fue hasta los 5 meses después del plantado.

### **3.5.3 Número de brotes**

Para la evaluación de esta variable número de brotes se recabo datos cada 30 días después del plantado, mediante un conteo simple hasta llegar a los 90 días respectivamente.

### **3.5.4 Longitud de la raíz**

El registro de esta variable se lo realizo los 90 días de instalación del estudio, se procedió a medir con la ayuda de una regla desde la base del tallo hasta el ápice de la raíz más larga, donde se midió a las muestras elegidas que sobrevivieron.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para esta investigación, propagación vegetativa de estacas de álamo, como es de conocimiento a esta especie forestal, existen pocas investigaciones y técnicas de propagación en nuestro país, en este estudio por lo cual en busca de mejores y buenos resultados se utilizó dos tipos de corte y tres tipos de diámetros en donde se pretende considerar las variables: porcentaje de prendimiento, tamaño de brotes, número de brotes y longitud de la raíz principal, en los cuales deben responder la investigación los siguientes resultados.

##### 4.1 Porcentaje de prendimiento

En el cuadro 6, de análisis de varianza para la variable porcentaje de prendimiento, se determinaron efectos significativos ( $P < 0.05$ ), en la propagación de álamo *Populus angulata* Aiton.

El coeficiente de variación de 5.49% nos indica que los datos se encuentran dentro de los rangos permitidos por lo cual los datos son confiables y se hallan por debajo del valor recomendado ( $CV < 30$ ).

**Cuadro 6.** Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento en la propagación de álamo *Populus angulata* Aiton en función al diámetro y tipo de corte.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>P(5%)</b>	<b>Signif.</b>
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>41</b>				
<b>Corte (A)</b>	<b>1</b>	<b>2.78</b>	<b>2.78</b>	<b>3.56</b>	<b>4.75</b>	<b>NS</b>
<b>Diámetro(B)</b>	<b>2</b>	<b>18.83</b>	<b>9.42</b>	<b>12.08</b>	<b>3.88</b>	<b>*</b>
<b>Cort*diam(A*B)</b>	<b>2</b>	<b>10.06</b>	<b>5.03</b>	<b>6.45</b>	<b>3.88</b>	<b>*</b>
<b>Error</b>	<b>12</b>	<b>9.33</b>	<b>0.78</b>			

\*(Significativo), \*\* (Altamente significativo), NS (No significativo)

**CV = 5.49%**

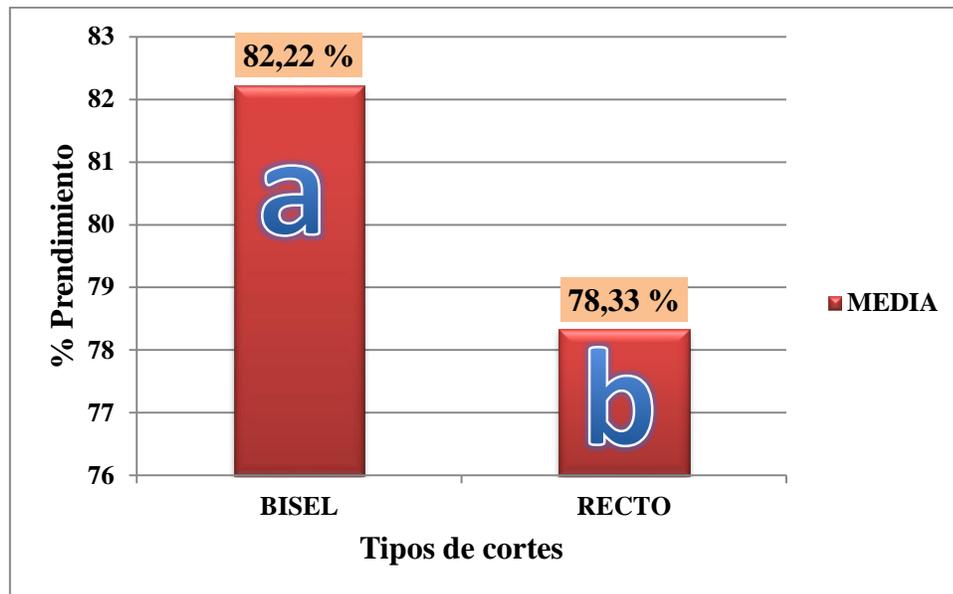
En el análisis de varianza (Cuadro 6) se observa efectos significativos para el factor de estudio, diámetro de estaca (B) y la interacción de los factores corte x diámetro, lo cual nos da a entender que existen diferencias entre los tratamientos propuestos.

Como el factor de estudio, Tipo de corte (A), no presentan diferencias significativas, lo cual nos indica que no influye de forma significativa entre el tratamiento (A) y (B).

Para la variable que es el porcentaje de prendimiento cabe destacar que se llegó a considerar a la conclusión del estudio que fue un lapso de 90 días después del plantado.

- **Prueba de promedios para el tipo de corte**

En la figura 6, se muestra la prueba de promedios de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ) y dispersión correspondiente a la variable porcentaje de prendimiento, donde la comparación secuencial para el porcentaje de prendimiento promedio para los dos tipos de corte, recto y bisel, respecto a la amplitud mínima de significancia (AMS) viene a representado por la letra “a y b” que denotan que promedios unidos por la misma letra no son significativamente diferentes.



**Figura: 6** Comparación de medias para tipo corte de en el porcentaje de prendimiento de las estacas de álamo *Populus angulata* Aiton.

El análisis para la variable porcentaje de prendimiento, no presenta diferencia estadísticamente significativa, por lo cual se procedió a la prueba de medias.

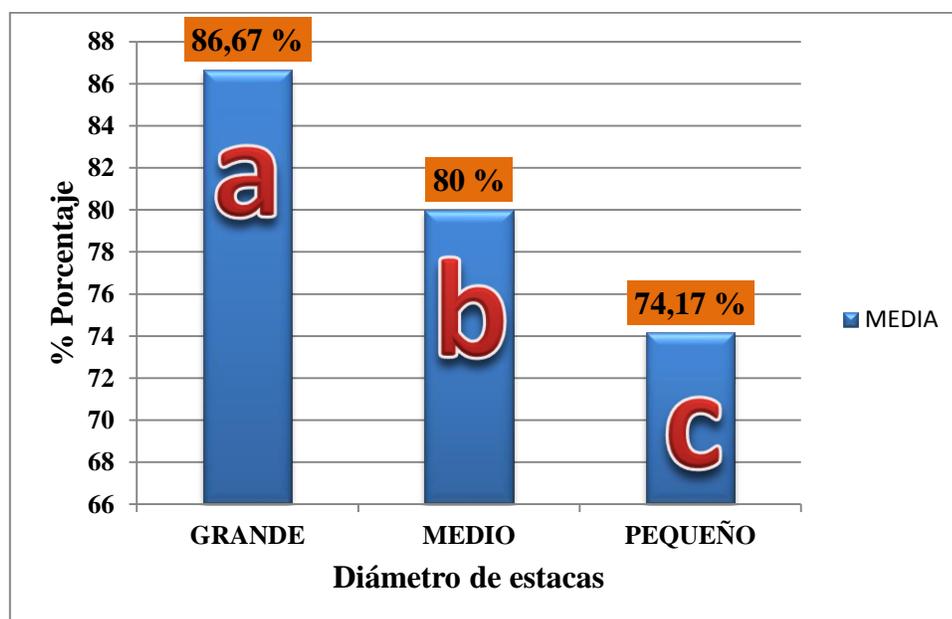
Realizada la prueba de Duncan ( $P > 0.05$ ) se observa que no existen diferencias estadísticas significativas, entre los cortes aplicados (Recto y Bisel). En la figura 6, nos muestra que el corte que presento mayor porcentaje de prendimiento a la conclusión del estudio, fue el de Corte bisel alcanzando un 82.22 % y el de Corte recto a un 78.33 % que registro menor porcentaje de prendimiento, el cual se presume fue debido a distintos factores, uno de ellos fue el registro de bajas temperatura, y otro factor que pudo influir en el porcentaje de prendimiento fue el ataque del hongo *Fusarium oxisporum*, ya que se encontró estacas que tenían un necrosamiento en la parte de la base del tallo, como características del hongo.

**Cuadro 7.** Promedios para porcentaje de prendimiento en corte

CORTE	MEDIA	DUNCAN 0.05%
Bisel	82.22 %	a
Recto	78.33 %	b

- **Prueba de promedios para el Diámetro**

En la figura 7. Se muestra la prueba de promedios de rango múltiple de Duncan ( $P > 0.05$ ) y dispersión correspondiente a la variable porcentaje de prendimiento, donde la comparación secuencial porcentaje promedio para los tres diámetros D1 (Grande), D2 (Medio) y D3 (Pequeño), respecto a la amplitud mínima significativa (AMS) viene representado por las letras “a”, “b” y “c” que denotan que promedios unidos por la misma letra no son significativamente diferentes.



**Figura: 7** Comparación de medias para tipo de diámetro en el porcentaje de prendimiento de las estacas de álamo *Populus angulata* Aiton.

Donde se puede apreciar que el D1 es el más eficiente al presentar un porcentaje de prendimiento de 86.67 %, el D2 con un 80.00% a diferencia del D3 que obtuvo un porcentaje de prendimiento de 74.17%.

En la presente investigación se buscó utilizar el diámetro más adecuado para una mayor propagación.

Por su parte el menor porcentaje de prendimiento puede ser atribuido a la pudrición provocada por el hongo *Fusarium oxisporum*, que la especie fitopatógeno ocasiona pérdidas importantes en la mayoría de las plantas perennes y anuales encontrándose entre las enfermedades más comunes causadas por este fitopatógeno como también llamado el damping-off o caída de las plántulas.

**Cuadro 8.** Promedios para porcentaje de prendimiento en diámetro.

<b>DIAMETRO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DUNCAN 0.05%</b>
Grande	86.67 %	<b>a</b>
Medio	80 %	<b>b</b>
Pequeño	74.17 %	<b>c</b>

#### **4.2 Tamaño de brotes**

En el cuadro 9, de análisis de varianza para la variable tamaño de brotes, se determinaron efectos significativos ( $P < 0.05$ ) en la propagación de álamo *Populus angulata* Aiton.

El coeficiente de variación de 6,18 % nos indica que los datos se encuentran dentro de los rangos permitidos por lo cual los datos son confiables y se hallan por debajo del valor recomendado ( $CV < 30$ ).

**Cuadro 9.** Análisis de varianza para la variable tamaño de brotes a los 90 días en la propagación de álamo *Populus angulata* Aiton, a través de corte y diámetro de estacas.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>P(5%)</b>	<b>Signif.</b>
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>196</b>				
<b>Corte (A)</b>	<b>1</b>	<b>3,56</b>	<b>3,56</b>	<b>2,41</b>	<b>4,75</b>	<b>NS</b>
<b>Diámetro(B)</b>	<b>2</b>	<b>81,33</b>	<b>40,67</b>	<b>27,48</b>	<b>3,88</b>	<b>*</b>
<b>Cort*diam(A*B)</b>	<b>2</b>	<b>93,33</b>	<b>46,67</b>	<b>31,53</b>	<b>3,88</b>	<b>*</b>
<b>Error</b>	<b>12</b>	<b>17,78</b>	<b>1,18</b>			

**\*(Significativo), \*\*(Altamente significativo), NS (No significativo)**

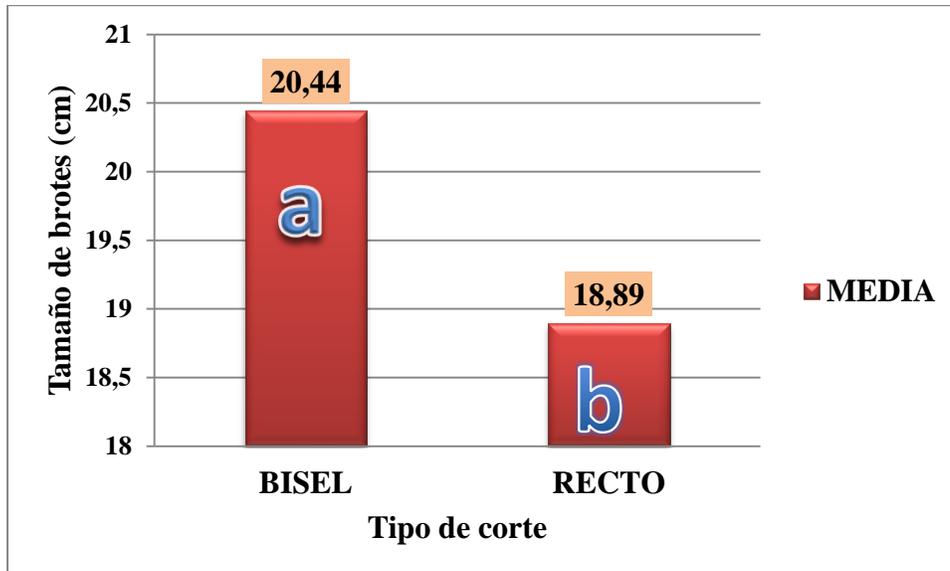
CV = 6,18 %

En el análisis de varianza se observa que influye de forma significativa para los factores de estudio, tipo de corte (A), diámetro de estaca (B) e interacciones de los factores A\*B (corte\*diámetro), lo cual nos indica que si existe diferencia significativa entre ambos factores, por lo tanto nos demuestra que entre el diámetro existen diferencias significativas donde los diámetros favorecen en el tamaño de brotes y desarrollo de la planta. Así mismo la interacción de los dos factores (A\*B), tuvo una influencia en el desarrollo de forma dependiente.

- **Prueba de promedios para el corte**

En la figura 8, se muestra la prueba de promedios de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ) y dispersión correspondiente a la variable tamaño de brotes, donde la comparación secuencial tamaño de brotes promedio para los dos corte, recto y bisel, respecto a la amplitud mínima significativa (AMS) viene representado por la letras

“a” y “b” que denotan que promedios de unidades por la misma letra no son significativamente diferentes.



**Figura: 8** Comparación de medias para tipo de corte en el tamaño de brotes de estacas de álamo *Populus angulata* Aiton a los 90 días.

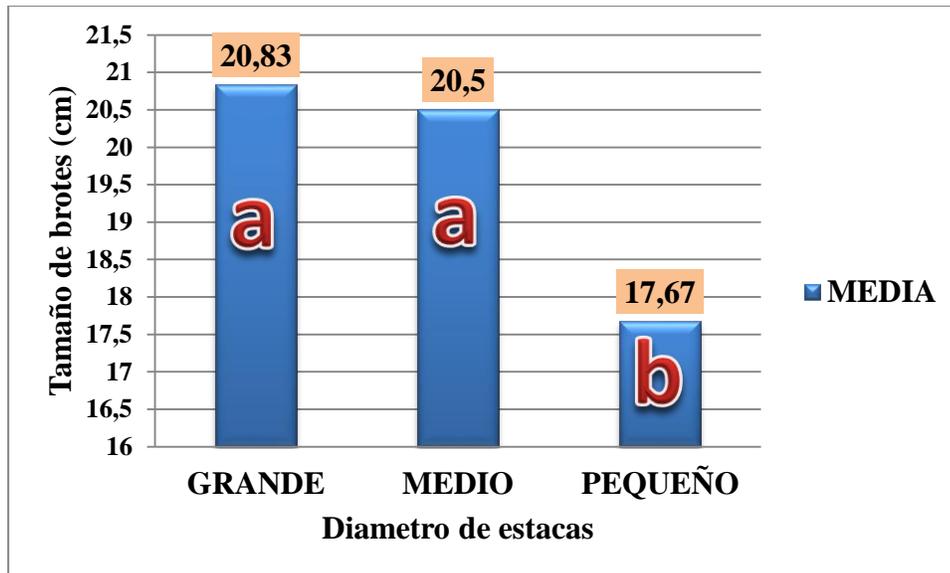
Se puede apreciar que la aplicación de corte bisel fue el más eficiente al presentar un incremento en tamaño de 20,44 cm a diferencia del corte recto que obtuvo un incremento de 18,89 cm.

Conforme la figura 8, se menciona que durante el ciclo del trabajo, el incremento fue de forma ascendente, en donde el corte bisel obtuvo mejores resultados en las tres repeticiones obtuvo una mayor altura seguido del corte recto, el cual se asume que por el efecto de corte realizado, el bisel tiene mayor capacidad de absorción de nutrientes.

- **prueba de promedios para el diámetro**

En la figura 9, se muestra la prueba de promedios de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ) y dispersión correspondiente a la variable tamaño de brotes, donde la comparación secuencial altura de planta promedio para los tres diámetros, D1

(Grande), D2 (Medio) y D3 (Pequeño), respecto a la amplitud mínima significativa (AMS) viene representada por las letras “a” y “b”, que denotan que promedios unidos por la misma letra no son significativamente diferentes.



**Figura: 9** Comparación de medias para el diámetro en el tamaño de brotes de estacas de álamo *Populus angulata* Aiton a los 90 días.

Respecto a la figura 9, se aprecia el incremento en altura del brote principal, que el D1 fue el más eficiente al presentar un promedio en el incremento en tamaño de 20,83 cm, seguido del D2 con un incremento de 20,50 cm a diferencia del D3 el cual obtuvo un promedio de 17,67 cm.

Conforme a los datos obtenidos en el incremento de tamaño en tres diferentes diámetros de estacas, se ha podido determinar que el diámetro grande es el más adecuado seguido del diámetro medio y se encuentran dentro de los rangos de incremento permitidos.

### Tamaño de brotes

En el cuadro 10, de análisis de varianza para la variable tamaño de brotes, se determinaron efectos significativos ( $P < 0.05$ ) en la propagación de álamo *Populus angulata* Aiton.

El coeficiente de variación de 1,64 % nos indica que los datos se encuentran dentro de los rangos permitidos por lo cual los datos son confiables y se hallan por debajo del valor recomendado ( $CV < 30$ ).

**Cuadro 10.** Análisis de varianza para la variable tamaño de brotes a los 5 meses en la propagación de álamo *Populus angulata* Aiton, a través de corte y diámetro de estacas.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>P(5%)</b>	<b>Signif.</b>
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>394,61</b>				
<b>Corte (A)</b>	<b>1</b>	<b>240,91</b>	<b>240,91</b>	<b>390,95</b>	<b>4.75</b>	<b>*</b>
<b>Diámetro(B)</b>	<b>2</b>	<b>122,05</b>	<b>61,02</b>	<b>99,03</b>	<b>3.88</b>	<b>*</b>
<b>Cort*diam(A*B)</b>	<b>2</b>	<b>24,26</b>	<b>12,13</b>	<b>19,18</b>	<b>3.88</b>	<b>*</b>
<b>Error</b>	<b>12</b>	<b>7,39</b>	<b>0,62</b>			

**\*(Significativo), \*\*(Altamente significativo), NS (No significativo)**

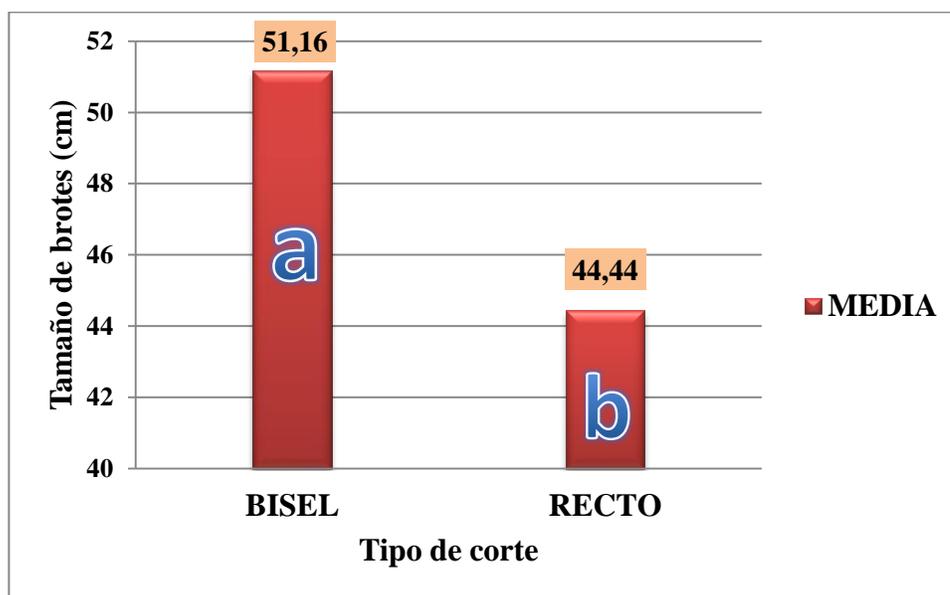
CV = 1.64 %

En el análisis de varianza en el cuadro 10, se observa que influye de forma significativa para los factores de estudio, tipo de corte (A), diámetro de estaca (B) e interacciones de los factores A\*B (corte\*diámetro), lo cual nos indica que si existe diferencia significativa entre ambos factores, por lo tanto nos demuestra que entre el diámetro existen diferencias significativas donde los diámetros favorecen en el tamaño de brotes y desarrollo de la planta. Así mismo la interacción de los dos factores (A\*B), tuvo una influencia en el desarrollo de forma dependiente.

- **Prueba de promedios para el corte**

En la figura 10, se muestra la prueba de promedios de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ) y dispersión correspondiente a la variable tamaño de brotes, donde la comparación secuencial tamaño de brotes promedio para los dos corte, recto y bisel,

respecto a la amplitud mínima significativa (AMS) viene representado por la letras “a” y “b” que denotan que promedios de unidos por la misma letra no son significativamente diferentes.



**Figura: 10** Comparación de medias para tipo de corte en el tamaño de brotes de estacas de álamo *Populus angulata* Aiton a los 5 meses.

Se puede apreciar que la aplicación de corte bisel fue el más eficiente al presentar un incremento en tamaño de 51,16 cm a diferencia del corte recto que obtuvo un incremento de 44,44 cm.

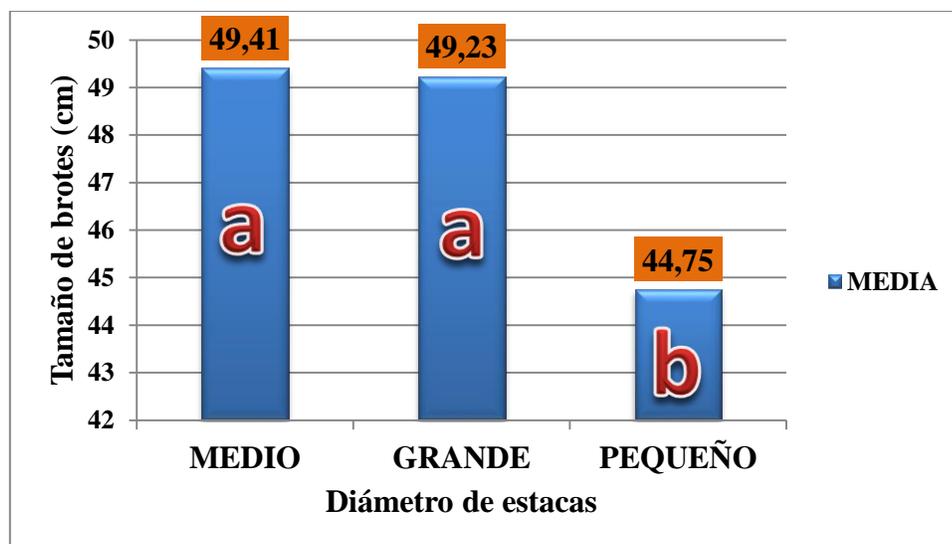
Conforme la figura 10, se menciona que durante el ciclo del trabajo, el incremento fue de forma ascendente, en donde el corte bisel obtuvo mejores resultados en las tres repeticiones obtuvo una mayor altura seguido del corte recto, el cual se asume que por el efecto de corte que es el bisel por la capacidad de absorción de nutrientes.

**Cuadro 11.** Promedios para el tamaño de brotes en corte a los 5 meses.

CORTE	MEDIA	DUNCAN 0.05%
Bisel	51,16 cm	a
Recto	44,44 cm	b

- prueba de promedios para el diámetro

En la figura 11, se muestra la prueba de promedios de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ) y dispersión correspondiente a la variable tamaño de brotes, donde la comparación secuencial altura de planta promedio para los tres diámetros, D1 (Grande), D2 (Medio) y D3 (Pequeño), respecto a la amplitud mínima significativa (AMS) viene representada por las letras “a” y “b”, que denotan que promedios unidos por la misma letra no son significativamente diferentes.



**Figura: 11** Comparación de medias para el diámetro en el tamaño de brotes de estacas de álamo *Populus angulata* Aiton a los 5 meses.

Respecto a la figura 11, se aprecia el incremento en altura del brote principal, que el D2 fue el más eficiente al presentar un promedio en el incremento en tamaño de 49,41 cm, seguido del D1 con un incremento de 49,23 cm a diferencia del D3 el cual obtuvo un promedio de 44,75 cm.

Conforme a los datos obtenidos en el incremento de tamaño en tres diferentes diámetros de estacas, se ha podido determinar que el diámetro medio es el más adecuado seguido del diámetro grande y se encuentran dentro de los rangos de incremento permitidos.

**Cuadro 12.** Promedios para el tamaño de brotes en diámetro a los 5 meses.

<b>DIAMETRO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DUNCAN 0.05%</b>
Medio	49,41 cm	<b>a</b>
Grande	49,23 cm	<b>a</b>
Pequeño	44,75 cm	<b>b</b>

### **4.3 Numero de brotes**

En el cuadro 13, de análisis de varianza para la variable número de brotes, se determinaron efectos significativos ( $P < 0.05$ ), en la propagación de álamo *Populus angulata* Aiton.

El coeficiente de variación de 5.51% el cual nos indica que los datos se encuentran dentro de los rangos permitidos por lo cual los datos son confiables y se hallan por debajo del valor recomendado ( $CV < 30$ ).

**Cuadro 13.** Análisis de varianza para la variable número de brotes en la propagación de álamo *Populus angulata* Aiton, a través de corte y diámetro de estacas.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>P(5%)</b>	<b>Signif.</b>
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>5.44</b>				
<b>Corte (A)</b>	<b>1</b>	<b>0.22</b>	<b>5.44</b>	<b>97.49</b>	<b>4.75</b>	<b>**</b>
<b>Diámetro(B)</b>	<b>2</b>	<b>1.44</b>	<b>0.72</b>	<b>12.90</b>	<b>3.88</b>	<b>*</b>
<b>Cort*diam(A*B)</b>	<b>2</b>	<b>3.11</b>	<b>1.56</b>	<b>27.96</b>	<b>3.88</b>	<b>*</b>
<b>Error</b>	<b>12</b>	<b>0.67</b>	<b>0.06</b>			

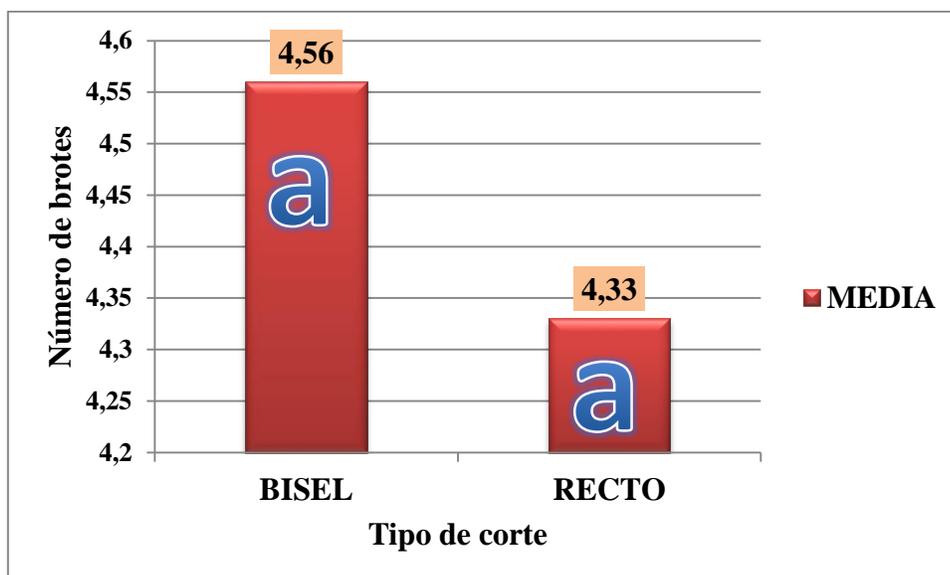
**\*(Significativo), \*\*(Altamente significativo), NS (No significativo)**

CV = 5.51 %

En el análisis de varianza en el cuadro anterior se observa efectos altamente significativo para el factor corte (A), donde cada corte tuvo una influencia en la formación de brotes de forma independiente y para el factor de estudio diámetro (B), y en las interacciones de los dos factores A\*B (corte\*diámetro) no influyeron de forma significativa.

- **Prueba de promedios para el corte**

En la figura 10, se muestra la prueba de promedios de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ) y dispersión correspondiente a la variable número de brotes, donde la comparación secuencial de número de brotes promedio para los dos cortes, recto y bisel, respecto a la amplitud mínima significativa (AMS) viene representada por las letras “a” y “b”, que denotan promedios unidos por la misma letra no son significativamente diferentes.



**Figura. 12** Comparación de medias para el corte en el número de brotes de estacas de álamo *Populus angulata* Aiton.

En la figura 12, no se muestra diferencias significativas para el número de brote debido a que la diferencia obtenida es mínima siendo 4.56 brotes con la aplicación de corte bisel y de 4.33 brotes con la aplicación de corte recto.

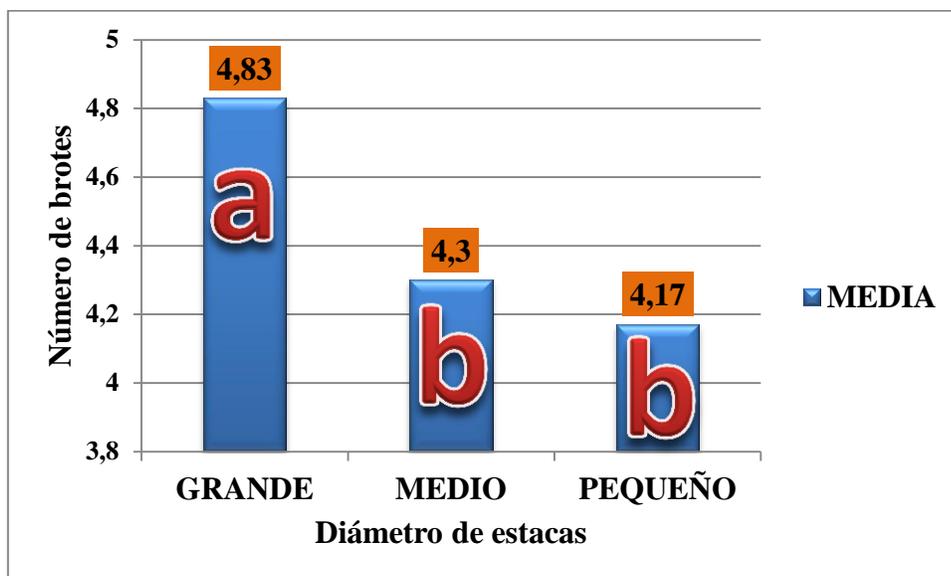
En base a estos resultados en cuanto al tipo de corte realizado cabe destacar que no presentaron diferencias significativas, además de indicar que presento buenos resultados en la brotación con un promedio considerable superior a 4 brotes en cada plantón.

**Cuadro 14.** Promedios para el número de brotes en corte

CORTE	MEDIA	DUNCAN 0.05%
Bisel	4.56	a
Recto	4.33	a

- **Prueba de promedios para el diámetro**

En la figura 13, se muestra la prueba de promedios de rango múltiple de Duncan (P0.05) y dispersión correspondiente a la variable número de brotes, donde la comparación secuencial número de brotes promedio para los tres tipos de diámetro, que fueron; D1 (Grande), D2 (Medio) y D3 (Pequeño), respecto a la amplitud mínima significativa (AMS) viene representada por las letras minúsculas “a” y “b”, que denotan que promedios unidos por la misma letra no son significativamente diferentes.



**Figura: 13** Comparación de medias para el diámetro en el número de brotes de estacas de álamo *Populus angulata* Aiton.

Después de realizar la prueba de Duncan, se observó que D1 fue más eficiente al presentar un promedio de 4.86 brotes, en el si existe diferencias estadísticamente significativas, en comparación de los otros dos grupos D2 y D3 que obtuvieron 4.3 y 4.17 brotes en promedio en el que no existe diferencias estadísticamente significativas entre sí.

**Cuadro 15.** Promedios para el número de brotes en diámetro

DIAMETRO	MEDIA	DUNCAN 0.05%
Grande	4.83	a
Medio	4.3	a
Pequeño	4.17	a

#### 4.4 Longitud de Raíz

En el Cuadro 16, de análisis de varianza para la variable longitud de raíz, se determinaron efectos altamente significativos ( $P < 0.05$ ), y el coeficiente de variación alcanza al 2,43%, aspecto que fortalece la inferencia de la misma respecto al factor en estudio, lo cual indica que los datos cumplen con los requerimientos y se encuentran dentro del rango permitido menores a 30%.

**Cuadro 16.** Análisis de varianza para la variable longitud de raíz en la propagación de álamo *Populus angulata* Aiton, a través de corte y diámetro de estacas.

FV	GL	SC	CM	FC	P(5%)	Signif.
<b>Total</b>	<b>17</b>	<b>34.1</b>				
<b>Corte (A)</b>	<b>1</b>	<b>23.16</b>	<b>23.16</b>	<b>471.05</b>	<b>4.75</b>	<b>**</b>
<b>Diámetro(B)</b>	<b>2</b>	<b>10.16</b>	<b>5.08</b>	<b>103.32</b>	<b>3.88</b>	<b>**</b>
<b>Cort*diam(A*B)</b>	<b>2</b>	<b>0.19</b>	<b>0.095</b>	<b>1.93</b>	<b>3.88</b>	<b>NS</b>
<b>Error</b>	<b>12</b>	<b>0.59</b>	<b>0.049</b>			

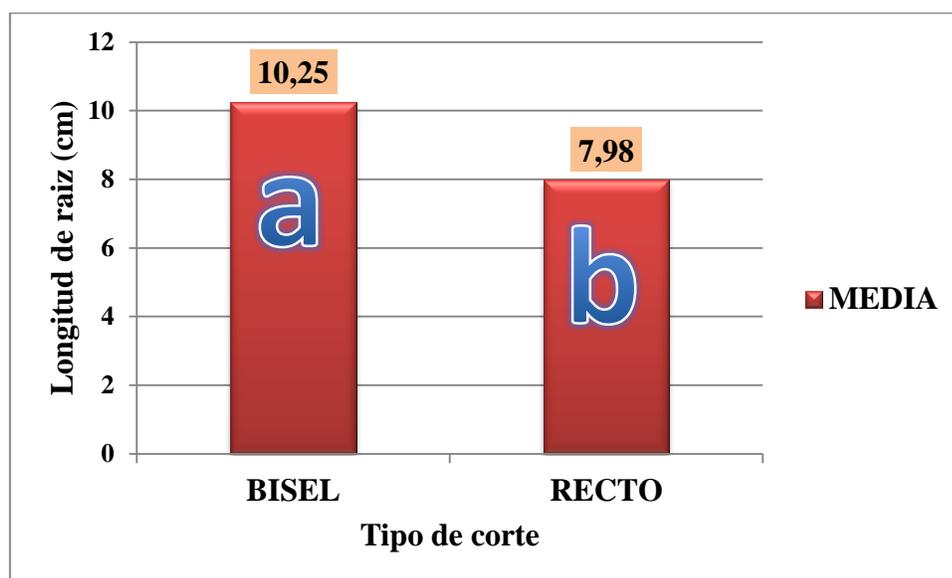
\*(Significativo), \*\* (Altamente significativo), NS (No significativo)

CV = 2.43%

En el análisis de varianza se observa efectos altamente significativos para los dos factores de estudio, tipo de corte (A), diámetro de estaca (B), lo cual nos indica que entre los tipo de cortes existen diferencias significativas, donde los cortes tuvieron una acción independiente, favoreciendo en la estimulación y aceleraron la formación de las raíces así mismo el diámetro de estacas tuvo una influencia sobre la raíz coadyuvando en su desarrollo de forma independiente; y en la interacciones de los factores A\*B (corte\*diámetro) no influyeron de forma significativa.

- **Prueba de promedios para el corte**

En la figura 14, se muestra la prueba de promedios de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ) y dispersión correspondiente a la variable longitud de raíz, donde la comparación secuencial para la longitud de raíz promedio para los dos cortes, bisel y recto, respecto a la amplitud mínima significativa (AMS) viene representada por las letras minúsculas “a” y “b”, que denotan que promedios unidos por la misma letra no son significativamente diferentes.



**Figura: 14** Comparación de medias para tipos de corte en la longitud de raíz de las estacas de álamo *Populus angulata* Aiton.

Mediante la figura 14, se puede apreciar que la aplicación del corte bisel fue el más eficiente para la longitud de la raíz obteniendo un promedio de 10,25 cm a los 90 días, a diferencia de los tratamientos de corte recto que obtuvieron 7,98 cm de longitud en promedio.

Para la formación de las raíces es muy importante el contenido de auxinas, como menciona Hartmann y Kester (1980), las plantas poseen de manera natural auxinas en las yemas y hojas, las cuales son transportadas.

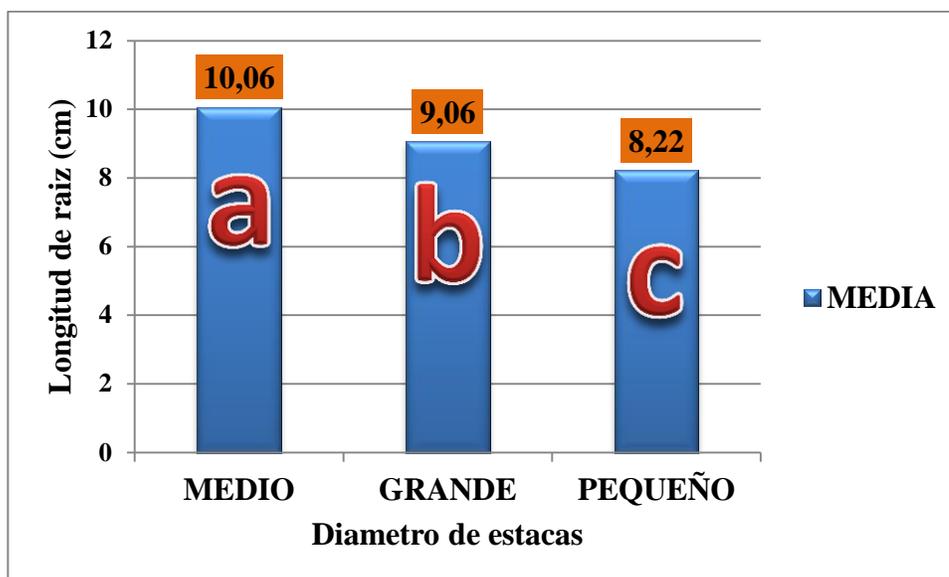
Por lo que se menciona que los 10,25 cm de largo de la raíz son aceptables ya que, según ILCE (2011) es conveniente que el sistema radicular se presente bien desarrollado, lo que permite obtener plantas con buen vigor y listas para el trasplante al sitio definitivo.

**Cuadro 17.** Promedios para longitud de la raíz en corte

<b>CORTE</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DUNCAN 0.05%</b>
Bisel	10.25 cm	<b>a</b>
Recto	7.98 cm	<b>b</b>

- **Prueba de promedios para el diámetro**

En la figura 15, se muestra la prueba de promedios de rango múltiple de Duncan ( $P < 0.05$ ) y dispersión correspondiente a la variable longitud de raíz, donde la comparación secuencial para la longitud de raíz promedio para los tres tipos de diámetro, donde: D1 (Grande), D2 (Medio) y D3 (Pequeño), respecto a la amplitud mínima significativa (AMS) viene representada por las letras minúsculas “a”. “b” y “c”, que denotan que promedios unidos por la misma letra no son significativamente diferentes.



**Figura: 15** Comparación de medias para el diámetro en la longitud de raíz en la propagación de estacas de álamo *Populus angulata* Aiton.

Realizando la prueba de Duncan ( $P < 0.05$ ) se observa que existen diferencias significativas entre los tres diámetros, y se puede apreciar que el D2 resulto ser más eficiente al presentar un promedio mayor en la longitud de la raíz de 10,06 cm a diferencia de los sustratos D1 que obtuvo un promedio de 9,06 cm y D3 un promedio de 8,22 cm en la longitud de la raíz.

**Cuadro 18.** Promedios para longitud de la raíz en diámetro

DIAMETRO	MEDIA	DUNCAN 0.05%
Medio	10.06 cm	<b>a</b>
Grande	9.06 cm	<b>b</b>
Pequeño	8.22 cm	<b>c</b>

#### **4.5 Análisis general de las variables de estudio**

En base al cuadro 19, donde se relaciona de manera general todas las variables de repuesta, se deduce que las variables; porcentaje de prendimiento, tamaño de brotes, número de brotes y longitud de raíz los cortes tuvieron un comportamiento propio uno del otro y además cabe destacar que para las variables mencionadas el corte bisel, tuvo un mejor comportamiento en los diámetros D1 (Grande) y D2 (Medio), en el desarrollo de las plantas así como el porcentaje de prendimiento y en la formación de la raíz. Para la variable número de brotes los cortes aplicados tuvieron un efecto estadísticamente significativo, es decir que presentaron diferencias significativas mínimas entre un corte a otro.

**Cuadro 19.** Relación entre todas las variable de estudio consideradas en la propagación vegetativa de estacas de álamo *Populus angulata* Aiton.

<b>Cuadrados medios</b>									
<b>FV</b>	<b>Porcentaje de prendimiento</b>	<b>Signif.</b>	<b>Tamaño de brotes</b>	<b>Signif.</b>	<b>Nº de brotes</b>	<b>Signif.</b>	<b>Longitud de raíz</b>	<b>Signif.</b>	
(A)	2.78	NS	<b>240,91</b>	*	5.44	**	23.16	**	
(B)	18.83	*	<b>61,02</b>	*	0.72	*	5.08	**	
(A*B)	10.06	**	<b>12,13</b>	*	1.56	**	0.09	NS	
Error	9.33		<b>0,62</b>		0.06		0.04		
<b>CV%</b>	<b>5.49</b>		<b>1,64</b>		<b>5.51</b>		<b>2.43</b>		

En cuanto a los diámetros si se presentó diferencias significativas para las variables porcentaje de prendimiento y numero de brotes, y diferencias altamente significativas para las variables tamaño de brotes y longitud de raíz que se tiene en el cuadro 19, y conforme a los resultados obtenidos se menciona que el diámetro D1 (grande) se obtuvo mejores resultados seguido del diámetro D2 (medio), y por último se tuvo al diámetro D3 (pequeño) lo cual puede aseverarse al contenido de humedad y nutrientes que debió almacenar cada una de la muestras de estacas o esquejes.

Además cabe destacar que en todas las variables de estudio contempladas en el cuadro de coeficientes de variación se encuentran dentro de los rangos aceptados, es decir que son menores al 30%.

## 5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, bajo condiciones en las que se efectuó el presente estudio, se establecen las siguientes conclusiones.

De acuerdo a la primera hipótesis nula que se planteó sobre los cortes efectuados se rechaza, puesto que los cortes efectuados en estudio presentan diferencias estadísticas con relación a las variables; porcentaje de prendimiento, tamaño de brotes, número de brotes y longitud de la raíz.

- Para el porcentaje de prendimiento el corte bisel tubo un mayor efecto con un 82.22% de prendimiento a diferencia del corte recto que obtuvo un 78.33% de prendimiento, lo cual se atribuye que el corte bisel ayudan a la formación de raíz.
- Respecto al incremento en el tamaño de brotes a los 90 días. El corte bisel alcanzo 20,44 cm. a diferencia del corte recto a 18,89 cm. de longitud. En comparación a los 150 días, se encontró efectos significativos, para los cortes efectuados, donde con el corte bisel se obtuvo un incremento de 51,16 cm y con el corte recto se alcanzó a 44,44 cm.
- En el caso del número de brotes para el efecto corte se llegó a obtener diferencias significativas ya que con el corte bisel se obtuvo 4,56 brotes promedio a diferencia del corte recto que se obtuvo 4,33 brotes promedio.
- Para la longitud de raíz y respecto al efecto de corte efectuado se llegó a obtener diferencias significativas ya que se tiene con el corte bisel una mayor longitud que fue 10.25cm y con el corte recto 7.98cm.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en base a las variables en estudio el corte bisel obtuvo mejores resultados respecto a los diámetros utilizados en la presente investigación.

Se rechaza la segunda hipótesis nula que se planteó considerando los diámetros de estaca en estudio por que presentaron diferencias estadísticas significativas con relación a las variables, porcentaje de prendimiento, tamaño de brotes, número de brotes y longitud de la raíz.

- Los diámetros de igual manera tuvieron una diferencia significativa para el porcentaje de prendimiento, donde el D1 (Grande) obtuvo un mayor porcentaje de 86.67% de prendimiento, seguido el D2 (Medio) con un 80.00% y el D3 (Pequeño) el 74.17%.
- Respecto al tamaño de brotes a los 90 días diámetros D1 y D2 no presentan diferencias significativas, que se obtuvo 20,83 cm con el D1 (Grande), 20,5 cm con el D2 (Medio) y finalmente 17,67 cm con el D3 (Pequeño). En comparación a los 150 días el incremento en tamaño tampoco presentaron diferencias significativas, para los diámetros medio con 49,41cm y grande con 49,23 cm. a diferencia del diámetro pequeño que alcanzo 44,75 cm de longitud.
- En relación al número de brotes, para los diámetros presentaron diferencias significativas para el D1 (Grande) que llego a obtener 4.83 brotes promedio a diferencia que D2 (Medio) que obtuvo 4.30 y D3 (Pequeño) con un 4.17 brotes promedio.
- Respecto a la longitud de raíz presentaron diferencias significativas, para los diámetros D2 (Medio) que obtuvo 10.06 cm, D1 (Grande) con un 9.06 cm y D3 (Pequeño) un 8.22 cm.

De acuerdo a la investigación se concluye en base a las evaluaciones realizadas con cada una de las siguientes variables de estudio los diámetros que tuvo mejores efectos en cada uno de los cortes fueron D1 (Grande) y D2 (Medio).

## 6. RECOMENDACIONES

- Para una corroboración de los resultados obtenidos en la presente investigación se recomienda realizar más estudios de propagación de estacas de álamo *Populus angulata* Aiton en base a los cortes mencionados.
- Se recomienda utilizar el tipo de corte bisel en la propagación vegetativa de estacas de álamo *Populus angulata* Aiton de acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación.
- Además se recomienda utilizar estacas o esquejes superior a 1 cm de diámetro en la propagación vegetativa de álamo *Populus angulata* Aiton, según resultados obtenidos que el diámetro grande (2-1,5) cm presento mejores resultados seguido del diámetro medio (1,5-1) cm.
- Además realizar otros estudios que sea de respaldo a esta investigación con diferentes diámetros que fueron utilizados en la presente investigación, además de buscar diferentes opciones de combinación con otros factores para obtener mayor porcentaje de prendimiento y una buena formación de raíces en especies de álamo.
- Se recomienda utilizar métodos o técnicas adecuadas para facilitar o ayudar a la propagación de esta especie, debido a que no existe una técnica determinada de su propagación vegetativa.