

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 INTRODUCCIÓN

*Prosopis alba* (Algarrobo blanco), es nativo de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de las llanuras subtropicales de Argentina, Uruguay, Paraguay, sur de Bolivia y norte de Chile y Perú. En Argentina es muy abundante en la zona centro y norte del país, zonas pertenecientes a las provincias fitogeográficas del Chaco, Espinal y del Monte.

El algarrobo es un árbol que desde tiempos ancestrales ha aportado con numerosos beneficios en el cotidiano vivir de las familias, debido a sus múltiples cualidades como alimento, forraje, madera, abono, medicina y materia prima para el desarrollo de diversas actividades económico-productivas como la apicultura y la agroforestería.

El algarrobo constituye una especie importante para la captación de nitrógeno del aire y su fijación en el suelo, y la incorporación de materia orgánica a partir de la descomposición de sus hojas y ramas.

Las variaciones observadas en las especies forestales tienen gran importancia para la silvicultura ya que, cualquiera sean sus causas, pueden ser manejadas modificando el ambiente en que se desarrollan los individuos, su constitución genética o una combinación de ambas (Balocchi y Delmastro, 1993). Aquí radica la importancia de determinar la cantidad, distribución, causas y naturaleza de la variación existente en una especie de interés forestal cuando se inicia su domesticación o se promueve su conservación (Zobel y Talbert, 1988).

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Mediante el desarrollo de este trabajo se pretende primero, conocer un poco más sobre el algarrobo blanco, realizar análisis comparativos con semillas de diferentes procedencias para saber si existe alguna diferencia en el desarrollo de individuos de la misma especie. Este tipo de estudio no sólo se puede aplicar a esta especie sino a varias, con el fin de conservación de la especie que se desee preservar, teniendo en cuenta el poder contar con individuos con las características deseadas.

La selección de buenos árboles semilleros es la base de este estudio, porque de esto depende la obtención de resultados que satisfagan las necesidades del investigador.

Asimismo, nos da pautas de los pasos que se debe seguir para la llevar a cabo el proceso de germinación, desde el análisis de la semilla hasta la obtención de las plántulas, posteriormente la evaluación del crecimiento inicial nos indicara como es el comportamiento de la especie en determinado ambiente.

Este trabajo de investigación nos dará como resultado la existencia o no de diferencias en el desarrollo de semillas de la misma especie; pero, de diferente procedencia, nos ayudará a definir los factores que pueden influir en el desarrollo de las plántulas, esto en caso de existir diferencias.

También nos ayudará a determinar en qué lugar de los seleccionados se encuentran las mejores fuentes semilleras del algarrobo blanco.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la germinación de semillas y el crecimiento inicial de plántulas de *Prosopis alba*, procedentes de diferentes sitios de la zona del Chaco Boliviano para identificar sitios potenciales de germoplasma que contribuyan a la conservación de esta especie.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la influencia de las procedencias en la germinación de semillas de algarrobo blanco mediante el análisis de parámetros germinativos (capacidad germinativa, energía germinativa y porcentaje de germinación).
- Evaluar en vivero las diferencias entre procedencias en cuanto al desarrollo y crecimiento inicial de plántulas de *Prosopis alba* para determinar la mejor zona semillera.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DEL ALGARROBO BLANCO

##### 2.1.1 SISTEMÁTICA DEL ALGARROBO BLANCO

**Reino:** Plantae

**División:** Fanerógama Magnoliophyta

**Clase:** Dicotiledónea Magnoliopsida

**Orden:** Fabales

**Familia:** Fabaceae

**Subfamilia:** Mimosoideae

**Género:** *Prosopis*

**Especie:** *P. alba* GRISEB.

##### 2.1.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL

*Prosopis alba* es un árbol medio, de 9 a 12 m en altura y 1 m en diámetro, aunque raramente se encuentren árboles tan crecidos (por las talas). El tronco es corto y la copa es globulosa, hasta de 10 m de diámetro. Este árbol es apreciado por su sombra. Las ramas son delgadas y se extienden frecuentemente hasta el suelo. El ritidoma (corteza) es fino, pardo grisáceo, y de madera veteada, con propiedades tánicas.

Se trata de un árbol ornamental (urbano y de cortina rompevientos). Su madera, densa (densidad = 0,76), es difícil de trabajar, usada para puertas y pisos, parquets, partes de zapatos, cascos de vino. La madera responde bien al secado, valiosa donde se requiera mantener dimensiones estables a prueba de humedad. Es excelente para uso exterior.

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

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

Fruto: es una vaina indehiscente que contiene las semillas lisas, elipsoides, comprimidas lateralmente y de color castaño; tiene 20 cm de largo, con semillas pardas de 7 mm de largo, que se encuentran rodeadas por la pulpa, una pasta dulce (patay), muy rica en calorías, consumida directamente para forraje o convertida en harina para consumo humano. Y fermentada produce una bebida alcohólica aloja; destilada produce etanol. Si el líquido no se fermenta se obtiene una bebida analcohólica refrescante llamada añapa. Entre la mitad y 3/4 partes del peso de la chaucha es azúcar (August Heinrich Rudolf Grisebach, 1874).

### **2.1.3 USOS Y APLICACIONES DEL ALGARROBO**

**Alimento:** los frutos del algarrobo, también llamados “algarrobas”, contienen altos índices de azúcares, proteínas, minerales, vitaminas del complejo B y fibras, con ellos se prepara algarrobina, que es un energizante natural de alto contenido de proteico y gran demanda en los mercados internacionales, especialmente para personas de la tercera edad, deportistas y niños. Sus semillas sirven para la elaboración de café.

De los tejidos alimenticios triturados de las vainas se puede elaborar una harina, de la que se puede hacer panes y tortas (patay). De la harina se forman balas que se ponen en redes, éstas se cuelgan en algún lugar para el secado. La harina conservada de esta forma se puede romper en pedazos o triturar antes del uso.

Para la elaboración de las chichas (bebidas fermentadas, como la aloja), se ponen tanto frutos machacados para acelerar el proceso de la fermentación, como frutos masticados en agua.

**Forraje:** Las hojas que caen al suelo, conocidas como “puño”, son consumidas por el ganado ovino y caprino, principalmente. Los frutos son empleados como alimento para otro tipo de ganado, y suelen sustituir al maíz y salvado de trigo, en la dieta de los animales.

**Apicultura:** El algarrobo es una especie melífera por naturaleza: las flores son un excelente recurso para la producción de miel, jalea, polen y cera.

**Abono Orgánico:** Las hojas secas caídas que entran en descomposición son utilizadas como abono orgánico en algunos cultivos.

**Agroforesteria:** Se lo emplea como cortinas rompevientos, como cercos agrícolas y para brindar sombra al ganado.

**Madera:** El algarrobo posee una madera muy dura, usada en la construcción de viviendas rurales, puertas, mesas, vigas, umbrales y bancas.

**Artesanía:** La resina oscura del tronco y de las ramas de *Prosopis alba* se emplea para teñir las fibras del caraguatá (*Deinacanthon urbanianum*), de las cuales se confeccionan muchos objetos de uso diario. Se hierven las fibras con la resina y éstas se tiñen de un color negro.

**Medicinal:** La algarrobina es un poderoso reconstituyente natural. De sus semillas se obtiene alcohol y otras medicinas naturales.

**Ambientales:** Por su capacidad para fijar nitrógeno, se utiliza como fertilizador de pasturas destinadas al ganado.

## **2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE SEMILLAS FORESTALES**

La semilla es el órgano de propagación dominante. Es un órgano muy especializado, y para su estudio hay que tener en cuenta distintos factores. La semilla es el medio a través del cual, la gran mayoría de los árboles, se propagan de una generación a otra.

La reproducción sexual implica una compleja serie de procesos biológicos, que se desarrollan de la siguiente manera: floración, polinización, fertilización y finalmente la formación de la semilla.

- La Floración: varía entre los órganos juveniles y los maduros (las especies presentan un periodo juvenil de inmadurez sexual). Varía dentro de la madurez.
- Tipo de Polinización: auto polinización (dentro de la misma flor) o polinización cruzada (entre flores distintas, aunque sea de la misma planta).
- Desarrollo de embrión: después de la fecundación empieza el desarrollo del embrión (puede tardar entre 1 y 2 años). Algunas semillas necesitan post-maduración (estratificación en frío) y en otras hay que recogerlas antes de que maduren

### **2.2.1 ESTRUCTURA DE LA SEMILLA**

Se pueden distinguir diferentes partes en una semilla: Embrión. Tiene su origen en la fusión de un núcleo generativo del grano de polen con la ovocélula que se encuentra en el saco embrionario. La célula diploide resultante de la fecundación comienza con una primera mitosis que dará dos células. La célula más interna será la responsable de formar el embrión, la más externa y por diversas divisiones mitóticas siempre transversales forma una estructura denominada suspensor que tiene como misión unir el embrión a los otros tejidos del rudimento embrionario. En el caso de las semillas dicotiledóneas la célula que forma inicialmente el embrión se divide en dos por medio de un tabique longitudinal, separando los futuros cotiledones.

**Endospermo secundario.** Procede de la fusión de un núcleo generativo con los dos núcleos centrales del saco embrionario formando un tejido triploide. Esto ocurre en las angiospermas. Para el caso de las gimnospermas el tejido nutritivo es haploide y se denomina endospermo primario. El endospermo es un tejido de reserva que proporciona nutrientes al embrión y durante las primeras fases del desarrollo de la planta. Pero en algunas especies hay un tejido de reserva adicional formado por células de la nucela, parte del rudimento seminal, y que forman el denominado perispermo. Por tanto, tendríamos tejido nutritivo formado por perispermo y endospermo. En cualquier caso las células nutricias almacenan granos de almidón o

proteínas que pueden formar gránulos amorfos llamados glútenes o complejos proteicos cristalizados llamados granos de aleurona. **Cubiertas protectoras.** Estas envueltas de la semilla se originan principalmente a partir de los tegumentos interno y externo del rudimento seminal que se convertirán en el tegmen y la testa de la semilla, respectivamente. Conjuntamente se denominan epispermo o cubierta seminal. Histológicamente hay una gran variedad en la organización de la cubierta de la semilla según las diferentes especies de plantas ya que estas envueltas protectoras pueden proceder de las células de la nucela o incluso del saco embrionario. En cualquier caso son cubiertas protectoras que adquieren una gran consistencia la mayoría de las veces, aunque otras veces pueden llegar a ser carnosas. En la superficie de las semillas siempre hay una cicatriz denominada el hilio que corresponde al punto de unión del rudimento seminal con el funículo.

### **2.2.2 CALIDAD DE SEMILLAS**

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

En el análisis de semillas forestales, las pruebas mínimas incluyen contenido de humedad, pureza, peso de semilla y porcentaje de germinación, ya que esta información será requerida por el usuario.

#### **2.2.2.1 MUESTREO**

Un requisito para análisis confiables de semillas es un procedimiento de muestreo que resulta de una muestra representativa. Si la muestra no representa bien al lote de semillas, los resultados del análisis no tienen valor y se vuelven innecesarios.

"El objetivo del muestreo es obtener una muestra de tamaño adecuado para el análisis, en el cual la probabilidad de un componente presente se determine sólo por su nivel de ocurrencia en el lote de semillas" (ISTA 1993).

### 2.2.2.2 PUREZA

Para medir el grado de limpieza de la semilla, la semilla pura se separa de la impura, y luego se pesan por separado. La semilla se considera pura si aparece normal en cuanto a su tamaño, forma y aspecto general externo. Inversamente, se considera como impura la semilla que es demasiado pequeña, que ha sido parcialmente comida por los insectos o pone en evidencia manchas producidas por los hongos. Una muestra para un ensayo de pureza puede consistir de 100 a 1.000 semillas.

Un porcentaje de pureza se calcula así:

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

Si bien un ensayo de pureza es sencillo, puede no ser tan exacto para evaluar calidades como por medio de otros ensayos. Uno de los problemas que se enfrentan al ejecutar un ensayo de pureza es la subjetividad en separar la semilla pura de la impura.

### 2.2.2.3 PESO DE LA SEMILLA

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

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

$$\text{Número de Semillas por Gramo} = \frac{1000}{\text{Peso en Gramos de 1000 Semillas}}$$

O también puede ser:

$$\text{Número de Semillas por Kilogramo} = \frac{1000 * 1000}{\text{Peso en Gramos de 1000 Semillas}}$$

Si la muestra que se cuenta no tiene 1 000 semillas, sino otro número, la fórmula adecuada es la siguiente:

$$\text{Número de Semillas por Gramo} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Semillas que contiene la Muestra}}{\text{Peso de la Muestra en Gramos}}$$

O también puede ser:

Número de Semillas por Kilogramo

$$= \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Semillas que contiene la Muestra} * 1000}{\text{Peso de la Muestra en Gramos}}$$

#### **2.2.2.4 PRUEBA DE GERMINACIÓN**

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

- 1- Las diferencias entre los resultados se pueden adscribir a diferencias reales entre muestras de semillas y no a diferentes métodos de análisis.
- 2- Los resultados obtenidos para un determinado lote de semillas en un laboratorio deben ser idénticos a los obtenidos en cualquier otro. Esto es, que los resultados deben ser reproducibles.

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

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

### **2.2.2.5 PORCENTAJE DE GERMINACIÓN**

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

Para conocer el porcentaje de germinación se aplica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Germinacion} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Semillas Germinadas}}{\text{N}^{\circ} \text{ Total de Semillas Ensayadas}} * 100$$

### **2.2.2.6 ENERGÍA GERMINATIVA**

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

$$\text{Energia Germinativa} = \frac{\text{Promedio de Germinacion Max.}}{\text{N}^{\circ} \text{ Total de Semilla}} * 100$$

### **2.2.2.7 CAPACIDAD GERMINATIVA**

Es la cantidad de semillas germinadas en un ensayo, más la cantidad que queda por germinar, pero que aún son sanas al final de la prueba.

## **2.3 ENSAYO DE PROCEDENCIAS**

Dado que, las procedencias frecuentemente tienen diferentes constituciones genéticas, no es sorprendente que, cuando se plantan árboles de varias procedencias en un solo lugar, tal como en una prueba de procedencias, pueden darse grandes diferencias en comportamiento entre las procedencias para características de interés económico. De la misma manera, las varias procedencias no necesariamente

se comportan igual en ambientes diferentes, fenómeno común denominado interacción genotipo-ambiente.

En ambos casos, las diferencias en comportamiento pueden ser dramáticas, sobre todo en especies de distribución natural muy amplia, de ahí la importancia de las pruebas de procedencias antes de iniciar programas de reforestación o mejoramiento genético. No tendría sentido pasar años mejorando una población hasta tener niveles que pudieron haberse logrado desde el inicio con la selección de la procedencia correcta. La selección de procedencias es una etapa básica en el mejoramiento genético forestal, proporcionando el punto de partida para actividades de mejoramiento genético más avanzadas.

## **2.4 PRODUCCIÓN DE PLANTONES EN VIVERO**

### **2.4.1 VIVERO FORESTAL**

Los viveros forestales constituyen el primer paso en cualquier programa de repoblación forestal. Se definen como sitios destinados a la producción de plantas forestales, en donde se les proporciona todos los cuidados requeridos para ser trasladadas al terreno definitivo de plantación. Las necesidades de viveros en programas de forestación se deben básicamente a que en el vivero la inversión económica es mínima en lo referente a preparación del sitio, fertilización y mantenimiento; además el viverista puede tener un mejor control durante el tiempo de la producción de plantas. Tradicionalmente los viveros forestales, de acuerdo con la permanencia y magnitud, se clasifican en viveros permanentes y viveros temporales.

**Viveros permanentes:** llamados también fijos, son aquellos que producen grandes cantidades de plantas todos los años. Requieren de infraestructura formal (almacenes, invernaderos, etc.), bastante sólida.

**Viveros temporales:** llamados también volantes, son viveros pequeños que se establecen en el mismo lugar a realizar la plantación, por una temporada.

### **2.4.2 SIEMBRA EN VIVEROS**

La siembra se realiza básicamente en semilleros, camas de crecimiento o en envases individuales. Cuando se eligen envases individuales para la siembra se debe escoger un buen medio de germinación y crecimiento. Existe gran variedad y cada uno tiene diferentes características. En gran parte, el éxito de la siembra depende del linaje o calidad del lote de semillas (de ello depende también la homogeneidad en tallas), de la época y profundidad en que la siembra se realice y de la densidad de siembra.

La época de siembra se determina según las características propias de las plantas que se quiera propagar, el clima de la región y la época en que se desee realizar la plantación. Se recomienda que la siembra se realice durante la primavera o un poco antes, cuando no se presentan riesgos de heladas; además, las temperaturas cálidas favorecen la germinación y el crecimiento de las plantas. Si los inviernos son benignos o las especies por cultivar son resistentes a las bajas temperaturas, la siembra se puede hacer en otoño, para que las semillas germinen antes de los fríos y las plántulas logren alcanzar una talla que les permita soportar el invierno.

### **2.4.3 SUSTRATO USADO EN VIVEROS**

El sustrato que se usa para llenar los envases y almácigos tiene que cumplir varias funciones: dejar entrar y retener el agua; ser rico en nutrientes; blando para que la raíz pueda crecer y no desarmarse cuando se saque el envase. Como es difícil encontrar la tierra “perfecta”, se prepara un sustrato mezclando distintos materiales como arena, mantillo, lombricompuesto, abono, tierra, etc. La mezcla debe pasarse por una zaranda para que sea bien fina y no contenga piedras, basura o terrones. Amasando un poco de sustrato se prueba si la mezcla es buena para retener el agua y los nutrientes. La mezcla no debe ser demasiado arenosa (se escapa el agua) o demasiado arcillosa (absorbe el agua muy despacio). El sustrato tiene por función:

- generar condiciones óptimas para la germinación de las semillas
- favorecer la emergencia y el desarrollo inicial de las pequeñas plantas

- permitir que las raíces crezcan sin dificultad, favoreciendo el anclaje de las plantas al suelo.

El sustrato además, aportará fertilidad al suelo, ayudará a conservar la humedad y aireación del mismo.

#### **2.4.4 RIEGO**

El riego es muy importante debido a que la pérdida excesiva de humedad del suelo ocasiona que las semillas se sequen y se pierdan los beneficios obtenidos con el tratamiento pregerminativo, ya que la germinación se reduce considerablemente. También hay que cuidar la presión del agua, pues si es mucha o cae directamente sobre las semillas puede ocasionar que se desentierren y queden expuestas, lo que provocaría su desecación. Por otra parte, el exceso de humedad promueve el decaimiento de la germinación por la incidencia del mal del semillero (*damping-off*) y por otros agentes patógenos.

Es importante recalcar que los riegos no deben aplicarse en las horas de mayor incidencia de calor, porque esto aumenta considerablemente la evapotranspiración y provoca lesiones en las plántulas e incluso su muerte.

Aunque las temperaturas del suelo consideradas como críticas varían según la edad y la especie, está comprobado que el daño ocurre con más frecuencia en plantas jóvenes. Cuando se presentan temperaturas críticas en el vivero, la intensidad y la frecuencia adecuada de los riegos es variable y depende parcialmente del tipo de suelo. El sombreado evita una excesiva insolación, pero cuando las temperaturas superficiales del suelo excedan los 30°C una adecuada aplicación del riego regula la temperatura.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE PROCEDENCIA DE LAS SEMILLAS

##### 3.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL ECOSISTEMA

##### 3.1.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

El Chaco Boliviano localizado al sudeste de Bolivia, limita al este con la República del Paraguay y al Sur con la República de Argentina. Es un extenso, diverso y singular territorio, compartido por los Departamentos de Santa Cruz, Tarija y Chuquisaca; cubre una superficie de 127.667 Km<sup>2</sup>, que representa el 11,62% del territorio nacional.

El Chaco se caracteriza por sus marcados gradientes climáticos y una gran evapotranspiración que ocasiona un déficit hídrico durante la mayor parte del año.

Se diferencian los siguientes tipos climáticos, un clima sub húmedo y otro húmedo hacia el Sub-Andino y Pie de Monte. Al Sur, zona de transición y llanura chaqueña el clima es semi árido o sub húmedo seco, con débil o ninguna excedencia de agua.

El Sub-andino presenta el ecosistema de mayor humedad con precipitaciones medias comprendidas entre los 700 a 900 mm anuales, concentrados entre los meses de diciembre a marzo, disminuyendo notoriamente al este y sudeste. La temperatura media es aproximadamente 18 a 21°C en las serranías altas, que pueden llegar a 23°C en los pequeños valles. Con temperaturas extremas entre xx y xxx °C

En las Zonas de Transición o pié de monte, las lluvias son mayores hacia el norte que en el sur, pero se encuentran muy influenciadas por el factor topográfico, variando entre 600 y 800 mm; las temperaturas medias son de 24 a 25° C. . Con temperaturas extremas entre xx y xxx °C

El clima de la Llanura Chaqueña presenta temperaturas medias de 25 a 26°C y precipitaciones menores a 600 mm en dirección este, lo que explica las condiciones más desfavorables y extremas en términos de déficit hídrico y ocurrencia de sequías.

Hacia la llanura chaqueña predominan vientos con dirección Noroeste a Sudeste, con velocidad de entre 20 a 50 km/h. En pie de monte la velocidad del viento promedio es de 17.3 km/h.

La humedad relativa anual media en la llanura chaqueña es de 55%, hacia el pie de monte la humedad relativa de 69.7%.

La evaporación alcanza valores elevados, particularmente en los meses de primavera - verano cuando se combinan altas temperaturas, baja humedad relativa y máxima frecuencia de vientos.

### **3.1.3 PRINCIPALES PROBLEMAS Y RIESGOS CLIMÁTICOS**

Son varios los eventos climáticos que afectan severamente al desarrollo de las actividades agropecuarias en la zona. Entre ellos el más significativo por su impacto es la sequía, seguida de lluvias intensas en un periodo corto, heladas y granizos.

Sequías. Las sequías son estacionales, principalmente debido a la escasez de lluvias en los meses de octubre, noviembre y diciembre, los escasos cultivos que deben recibir riegos complementarios, no lo hacen y sufren estrés hídrico. En los años recientes, ésta situación se ha prolongado hasta la época lluviosa, es así que el intervalo o periodo entre lluvia y lluvia se ha incrementado, situación que ocasiona sequías que perjudican severamente al desarrollo de la agricultura y la ganadería en la zona.

Sin embargo, aunque en algunos años la precipitación total se acerca al promedio, la distribución de las lluvias puede ser muy irregular durante el periodo de crecimiento de los cultivos, afectando su desarrollo.

En el “Plan de Ordenamiento Territorial Macroregional del Chaco Boliviano” se consideran las siguientes categorías de amenaza de sequía:

- Muy Alta, cuando la disponibilidad de agua se limita a 0 – 1 mes.
- Alta, si la disponibilidad de agua está entre 1 – 2 meses.
- Media, con 2 – 4 meses de disponibilidad de agua.

- Baja, amenaza de sequía con 4 – 6 meses de disponibilidad de agua.
- Muy Baja, si se cuenta con 6 – 8 meses de disponibilidad de agua.

Por otro lado, en el Chaco se presentan lluvias excesivas con carácter excepcional. En la ladera occidental de la serranía las precipitaciones excesivas son más frecuentes y eventualmente causan inundaciones y promueven el incremento de los procesos de erosión, transporte y sedimentación.

En lo que se refiere al granizo, el municipio con mayor exposición es Entre Ríos, debido a que un porcentaje menor de su territorio, ubicado en la zona occidental, está expuesto a granizadas entre 5 a 10 días al año.

Finalmente la región del Chaco no está exento completamente de la amenaza de heladas. Los municipios de Villa Montes, Machareti, Boyuybe, Cabezas, Monteagudo y Entre Ríos están expuestos a sufrir heladas 30 a 90 días al año.

### **3.1.4 VEGETACIÓN DEL CHACO Y SUS RECURSOS FORRAJEROS**

El chaco es una región natural con características ecológicas que le dan una cierta unidad, dentro de graduales variaciones topográficas, climáticas, florísticas y de suelos que permiten una subregionalización de la misma. La región presenta una alta diversidad de ambientes, con un paisaje heterogéneo de llanuras, sierras, grandes ríos, sabanas secas e inundables, esteros, bañados, salitrales y grandes extensiones de bosques.

### **3.1.5 ZONAS ECOLÓGICAS**

#### **Pie de Monte**

Esta faja de terrenos tiene formaciones de bosques altos mesófilos o semihúmedos, caracterizados por tener especies de cedro, cebil, lapacho, urundel, palo blanco, roble, quina colorada. Está constituido por terrenos poco ondulados, con suelos franco a franco arenosos.

### **Zona de Transición**

Se encuentra entre la llanura chaqueña y la serranía del extremo occidental, esta zona tiene sus propias características, su relieve es ondulado o plano con pendientes diversas, donde las más profundas generalmente recaen en quebradas. La vegetación es alta, semidensa a densa mesoxerófila cerca de las serranías. Es más baja, semidensa a rala, más mixta, xerófila hacia el Este; con montes de quebrachales, algarrobales y en ciertos sectores de suelos bajos, duros inundables y salitrosos, existen asociaciones de palmeras.

### **Llanura Chaqueña**

Está caracterizada por amplias extensiones de tierra en las que no se presentan ondulaciones significativas. La vegetación se clasifica como bosque seco en la subformación de la llanura, característica del paisaje propiamente chaqueño por su “vegetación xerofítica con arbustos raquíuticos y espinosos dando lugar a un bosque ralo y bajo”.

#### **3.1.6 VEGETACIÓN**

De acuerdo con la clasificación de la vegetación de Bolivia referida en la guía de árboles de Bolivia 1.993, en el chaco se encuentran diferenciadas las siguientes regiones de bosque; en ellas se manifiesta una vegetación característica, de acuerdo con las condiciones climáticas y fisiográficas existentes.

**Bosque Seco Chaqueño:** Las especies arbóreas que se pueden encontrar allí corresponden a individuos de las siguientes familias: Capparaceae, Leguminosae, Anacardiaceae, Apocynaceae, Rhamnaceae, Ulmaceae, Celastraceae, Nyctaginaceae, Cactaceae, Santalaceae y Zygophyllaceae.

**Bosque Serrano Chaqueño:** Las especies arbóreas que se pueden encontrar allí corresponden a individuos de las siguientes familias: Capparaceae, Leguminosae, Anacardiaceae, Apocynaceae, Rhamnaceae, Ulmaceae, Celastraceae, Nyctaginaceae, Cactaceae, Santalaceae y Zygophyllaceae.

**Bosque Tucumano- Boliviano:** Las especies arbóreas que se pueden encontrar allí corresponden a individuos de las siguientes familias: Myrtaceae, Juglandaceae, Betulaceae, Lauraceae y Meliaceae (Solomón 1987, citado por Killen 1.993).

**Bosque de la llanura chaqueña:** En su mayoría es abierto, las especies predominantes a lo largo de la región chaqueña son: **Schinopsis haenkeana** (soto), **S. lorentzii** (soto) especie rica en taninos, **Aspidosperma quebracho-blanco** (quebracho blanco, cacha), **Celtis** sp, **Zizyphus mistol** (mistol), **Chorisia insignis** (luchán), **Piptademia** sp ( sebil) y **Prosopis** sp (algarrobo, cupesi). Esta área está sujeta a fuertes presiones de las actividades ganaderas con las cuales se incrementa el ramoneo y pastoreo, así como también las quemadas y la extracción selectiva de especies forestales.

En las áreas de mayor deterioro predominan los matorrales de **Prosopis** sp, **Acacia farnesiana**, **A. praecox**, es común encontrar Cactáceas como **Stetsonia corine**. En el sotobosque o estrato inferior del bosque se encuentran abundantes bromeliáceas como **Bromelia serra** conocida como carahuata, utilizada para la elaboración manual de bolsos. Para el pastoreo y ramoneo se utilizan especies como **Aristida** sp, **Setaria aff pampeana**, **Acacia macrantha** y **Capparis retusa**. (Marconi, CDC Bolivia, USAID, 1992).

### 3.1.7 RECURSOS FORRAJEROS

#### Forrajeras Herbáceas y arbustivas

Se han identificado aproximadamente 580 especies, de las cuales alrededor de 150 utiliza el ganado en su dieta, sean hojas, tallos, semillas, flores o frutos. Asimismo, entre Amaranthaceas y Gramíneas existen más de 25 especies, así como los recursos forrajeros de emergencia como la especie de Cactus y Bromeliáceas que el ganado consume en campos degradados al igual que las epífitas y hemiparásitas que recogen o cortan para alimentar ganado en las hambrunas del estiaje en campos sin manejo.

### **Árboles con frutos forrajeros en primavera – verano**

Uno de los más importante es el Mistol que aporta frutos a partir de mediados de diciembre hasta fines de enero, también están los algarrobos que se encuentran en sitios peridomésticos, el único algarrobo del género *Prosopis* que se encuentra en la llanura es el llamado “Taquillo”; estas especies son un importante recurso en primavera ya que constituyen un verdadero alimento concentrado.

El Chañar (*Geoffroea decorticans*) florece temprano en julio – agosto y suministra frutos al ganado en octubre.

### **Árboles con frutos forrajeros en invierno**

La Algarrobilla (*Caesalpinea paraguariensis*), es el árbol que suministra frutos durante el invierno en forma lenta desde mayo a octubre; de ésta manera, suministra un alimento concentrado al ganado durante el largo periodo de estiaje, motivo por el cual es considerado un árbol forrajero valioso en la región chaqueña.

### **Árboles con follaje palatables**

El soto y la Algarrobilla son los árboles más palatables en el Chaco, siendo consumidos aún en campos con pastizales de buena condición. Esto plantea un problema para la regeneración de éstas especies, que requieren un buen manejo adecuado del pastoreo para asegurar su instalación después de germinadas. Otras especies de árboles cuyas hojas son consumidas en invierno por el ganado cuando se produce la caída por sequías o frío son: Mistol, Perilla, Mora, Palo Blanco, Toborochoi o luchán y Algarrobos, taquillo

### **3.1.8 ESTADO ACTUAL DE LA VEGETACIÓN**

Una de las características esenciales de la región chaqueña es la fragilidad de su ecosistema, por el tipo de suelos, mayormente arenosos y pobres en nutrientes, las escasas e irregulares precipitaciones, las altas temperaturas, que en conjunción hacen difícil los procesos de recuperación de la vegetación y la producción de la biomasa.

Dada esa fragilidad, y pese a contarse con una relativa baja densidad poblacional, la región evidencia un franco proceso de degradación ambiental acentuada por los efectos del Cambio Climático que se manifiesta en una disminución de la cobertura vegetal, pérdida de especies de interés forrajero y forestal; empobrecimiento de los suelos, así como una menor población de fauna silvestre y de recursos hidrobiológicos.

Las causas principales del proceso de degradación y pérdida de la vegetación de interés para el desarrollo de la actividad ganadera son el sobrepastoreo y/o inadecuadas prácticas de pastoreo, la deforestación con fines de ampliación de la frontera agrícola, especialmente en áreas susceptibles a la erosión eólica y la quema descontrolada de pastizales.

El pastoreo continuo viene provocando la pérdida de los recursos forrajeros valiosos, los animales consumen primero lo que más les gusta sin darles la posibilidad de cumplir con el ciclo fenológico, motivo por el cual el espacio es ocupado cada vez por menos especies valiosas aumentando las indeseables y tóxicas.

Por otro lado, un suelo sin vegetación y cobertura disminuye su capacidad de infiltración del agua de lluvia; lo cual afecta en el aumento de escorrentía, erosión hídrica y eólica y por ende se incrementa la sedimentación de lagunas y atajados durante las lluvias torrenciales.

### **3.2 MATERIALES Y HERRAMIENTAS**

#### **MATERIAL BIOLÓGICO**

- ❖ Semillas de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb)

#### **MATERIAL DE LABORATORIO**

- ❖ Balanza electrónica
- ❖ Cajas Petri u otro tipo de recipientes para el manipuleo de las semillas

#### **MATERIAL DE CAMPO**

Los materiales a utilizar para el apoyo y/o estudio del algarrobo

- ❖ Bolsas para la siembra
- ❖ Tierra vegetal
- ❖ Otro tipo de sustrato
- ❖ Planillas de registro
- ❖ Cámara fotográfica
- ❖ Bolsas para frutos
- ❖ Baygon (para conservación de frutos)
- ❖ GPS
- ❖ Hojas para números de árbol
- ❖ Tijera
- ❖ Máquina de calcular
- ❖ Planillas de control de germinación

### **3.3 METODOLOGÍA**

#### **3.3.1 SELECCIÓN DE ARBOLES SEMILLEROS**

Tomando en cuenta de que son individuos de la misma especie, para la recolección de los frutos y posterior obtención de semillas, los individuos deben estar separados 100 metros, con el fin de evitar parentesco entre sus descendencias.

#### **3.3.2 RECOLECCIÓN DE FRUTOS**

Una vez en el área de muestreo se debe comenzar a buscar árboles que tienen frutos para muestrear. Los algarrobos en general no forman masas forestales densas sino que se distribuyen en pequeños bosquetes (algarrobales) o como arboles individuales distribuidos tipo sabanas en áreas de pastizales.

La recolección se comenzó por la localidad de Villa Montes sobre el camino hacia Puesto Uno, una vez terminando de recolectar las muestras de semillas nos dirigiremos hacia la localidad de Palmar Chico (Yacuiba) donde se encontraba el siguiente punto a muestrear para extraer las semillas de los árboles, completado el objetivo en dicho punto nos dirigimos hacia Ibibobo ( Llanura Chaqueña) para completar el siguiente objetivo de muestreo, terminando el trabajo de recolección

de frutos nos dirigimos a Boyuybe ( Cordillera Santa Cruz), carretera rumbo hacia la frontera del Paraguay donde nos encontramos con un tipo de bosque muy diferente a los anteriores puntos con suelos muy secos y áridos con una vegetación de bosque bajo semi deciduo (Choroquetal- Llanura limite Chuquisaca y Santa Cruz), terminado el trabajo en ese punto, nos dirigimos hacia el Chaco Cruceño (Camiri) hacia el Este camino a Charagua encontrándonos en una zona de transición del chaco Chuquisaqueño bosque bajo y seco, con el Chaco Cruceño de bosque semi alto deciduo de la llanura oriental, además de los frutos recolectados en las zonas mencionadas se adicionaron lotes de semillas provenientes de Machareti y de Tarija.

En dicho recorrido todo depende del momento del muestreo. Si se llega tarde, los frutos pudieron haber sido ya consumidos por la fauna o por la ganadería o haberse descompuesto en el suelo, lo que hace imposible su recolección. También pueden encontrarse individuos que recién comienzan a fructificar, que poseen únicamente frutos verdes y flores. El objetivo principal de la toma de muestras de frutos es la de contar con material reproductivo para la instalación futura de ensayos de orígenes y de progenies y eventualmente para hacer estudios sobre las descendencias de los árboles semilleros muestreados a campo. También debe considerarse que cada muestra de semilla lograda puede constituirse en una accesión para conformar bancos de germoplasma para la conservación del material a largo plazo (la semilla de algarrobo mantiene su poder germinativo durante muchos años con sólo conservarla en frío y con bajo contenido de humedad).

En virtud de esto es que vamos a concentrar el esfuerzo en la recolección de semilla de la especie de algarrobo blanco (*Prosopis alba*), que es la de mayor potencial para el cultivo y para su uso. En cada área de muestreo pondremos como límite inferior, deseable de ser posible, que por lo menos 15 individuos de algarrobos blancos posean muestras de frutos. Si se puede más, mucho mejor, ya que de esa forma el área de muestreo estará mejor representada. Del resto de las especies, con

tres o cuatro muestras de frutos sería suficiente, para la realización eventual de estudios posteriores sobre las descendencias. En lo posible, las muestras de frutos de una misma especie deben ser de árboles alejados entre sí por más de 100 m a fin de evitar parentesco entre sus descendencias.

Los frutos pueden recogerse del piso únicamente cuando existe absoluta seguridad de que provienen de la planta marcada. Corroborar que no pertenezcan a árboles vecinos o que se encuentren en alguna vía de agua y que por lo tanto, puedan haber llegado allí después de una lluvia, etc. En caso de alguna duda cosechar del árbol. La cantidad máxima a cosechar es la que entre en una bolsa de cosecha (confeccionada en lienzo de 25 x 35 cm). Si el fruto se encuentra verde, cosecharlo únicamente si hace ruido cuando se lo agita (señal de que la semilla ya se ha desprendido y está madura). La bolsa de cosecha se debe rotular con el número de árbol en la parte exterior con un papel indicando el número correspondiente. También agregarle (no olvidar esto) un papel con el número en el interior, mezclado con los frutos. A medida que se van incorporando los frutos en la bolsa (dos veces) pulverizar con un insecticida en aerosol (piretroide, de baja toxicidad).

### **3.3.3 EXTRACCIÓN DE LA SEMILLA**

Ni bien se reciben los frutos, luego del recorrido, puede comenzarse con la trilla. A mano se puede realizar tanto con los frutos húmedos o secos, utilizando una tijera, extrayendo cada semilla de su artejo. Unas 200 semillas por muestra de frutos sería conveniente separar a fin de tener material para futuros ensayos y como accesiones de un incipiente banco de germoplasma. Estando secas se pueden conservar en bolsas de polietileno herméticas en freezer durante largos períodos.

De 3 procedencias (Tarija, Camiri y Boyuybe) se obtuvieron menos de 1000 semillas y de las otras 5 procedencias (Puesto Uno, Ibibobo, Choroquetal, Palmar Chico y Machareti) se obtuvieron más de 1000 semillas.

### **3.3.4 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE SEMILLA**

El análisis de la calidad de la de semilla de Prosopis alba de 8 procedencias se realizará en el laboratorio de semillas de la Facultad.

Para comenzar con el análisis se le asigna los nombres respectivos a cada lote de semilla de las diferentes procedencias obtenidas, se las designó con la letra S que significa sitio y cada uno con un número que facilita el reconocimiento de las muestras.

S1= Tarija

S2= Puesto 1

S3= Ibibobo

S4= Palmar Chico

S5= Choroquetal

S6= Camiri

S7= Boyuybe

S8= Machareti

#### **3.3.4.1 PUREZA**

Para el análisis de pureza se tomó de cada procedencia una muestra de más o menos de 1000 semillas en los casos de aquellas procedencias que tienen más de 1000 semillas, y de las procedencias que tenían menos se tomó la cantidad de semillas con las que se contaba.

Después se realizó la separación de la semilla pura y de las impurezas, esta última constaba de restos del fruto, semillas que habían sido atacadas por insectos y semillas quebradas.

Se procedió a pesar tanto la semilla pura como las impurezas de cada procedencia, se hizo la sumatoria de ambos para obtener un peso total con estos datos se calculó el

porcentaje de pureza (ver resultados en el Cuadro N° 1) mediante la siguiente fórmula:

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

Este procedimiento así como también los que se describirán a continuación se aplicó para cada lote de semillas de las 8 procedencias.

### 3.3.4.2 PESO DE LA SEMILLA

Primero, se hizo el conteo de 1000 semillas, esto para cada procedencia, después de realizó el pesaje de las mismas, con este dato se pudo obtener el número de semillas por kilogramo aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de semillas} * \text{Kg.} = \frac{1000 * 1000}{\text{Peso en gramos de 1000 semillas}}$$

En el caso de las procedencias que contaban con menos de 1000 semillas se hizo el conteo de la cantidad de semillas que contenía el lote, después se realizó el pesaje del mismo, conociendo el número de semillas del lote y el peso se aplicó una regla de tres simple para conocer el peso que tendrían 1000 semillas.

Por ejemplo: para el S1 (Tarija), se tenían 672 semillas, las cuales pesaban 35,99 gr., entonces la regla de tres sería de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l} 672 \text{ semillas} \text{-----} 35,99 \text{ gr.} \\ 1000 \text{ semillas} \text{-----} X \text{ gr} \end{array}$$

$$X = 53,56 \text{ gr.}$$

Para obtener el número de semillas por kilogramo se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{N}^{\circ} \text{ de semillas} * \text{Kg.} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de semillas que contiene la muestra} * 1000}{\text{Peso de la muestra en gramos}}$$

(Ver resultados en el Cuadro N° 2)

### **3.3.4.3 PRUEBA DE GERMINACIÓN**

Una vez realizado el análisis de la calidad de semilla se procedió a llevar todas las semillas al vivero para su siembra directa en las macetas, se colocó una semilla por maceta, esto debido a que en algunas procedencias se contaba con pocas semillas.

Se sembraron 200 semillas por procedencia, teniendo un total de 1600 semillas sembradas.

### **3.3.4.4 PORCENTAJE DE GERMINACIÓN**

Una vez terminado el ensayo de germinación (el cual se registró por 94 días) se realizó la suma total de semillas germinadas en cada procedencia para poder obtener el porcentaje de germinación para cada sitio mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Germinacion} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Semillas Germinadas}}{\text{N}^{\circ} \text{ Total de Semillas Ensayadas}} * 100$$

(Ver resultados Anexo N° 1)

### **3.3.4.5 ENERGÍA GERMINATIVA**

La energía germinativa, expresada en porcentaje, se obtuvo con la suma de los registros diarios de cada procedencia aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Energia Germinativa} = \frac{\text{Promedio de Germinacion Max.}}{\text{N}^{\circ} \text{ Total de Semilla}} * 100$$

(Ver resultados Anexo N°1).

## **3.4 CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL**

El diseño experimental utilizado fue un diseño completamente al azar, con 4 repeticiones por lugar de procedencia, siendo un total de 32 unidades

experimentales, cada una formada por 50 macetas de las cuales se evaluaron 24 macetas centrales para evitar el efecto de borde.

Cada unidad experimental fue denominada con la letra S (correspondientes a cada uno de los Sitios de donde provienen las semillas) acompañada del número que se le asignó al azar a cada una de las procedencias.

FACTOR	NIVELES
Procedencia (o Sitio)	S= 8 S1; S2; S3; S4; S5; S6; S7; S8
Repeticiones	R= 4

Modelo de un cuadro de ANOVA en los diseños de bloques completos al azar

Fuentes de Variación (Fv)	Grados de libertad (gl)	Suma de Cuadrados(S.C.)	Cuadrado Medio(C.M.)	Relación F (Fc)
Total	$t * r - 1$	$\sum Y_{ij}^2 - Fc$	-----	-----
Bloques	$(r - 1)$	$\sum \frac{F_j^2}{t} - Fc = A$	$\frac{A}{(r - 1)} = (1)$	$\frac{(1)}{(3)}$
Tratamientos	$(t - 1)$	$\sum \frac{t_i^2}{r} - Fc = B$	$\frac{B}{(t - 1)} = (2)$	$\frac{(2)}{(3)}$
Error experimental	$(t - 1)(r - 1)$	$A - B = C$	$\frac{C}{(t - 1)(r - 1)} = (3)$	-----

Dónde:

T = tratamiento

R = replicas o repeticiones

Y = observación individual

Fc = Factor de corrección.

Para complementar el análisis de varianza se realizará la prueba de Tukey de 5% de probabilidad, a comparación de otras pruebas esta nos servirá para conocer con un poco más de exactitud la existencia o no de diferencias entre las procedencias.

La prueba de Tukey tiene como fórmula de aplicación la siguiente:

$$T = q * S_x$$

$S_x$  = Error típico calculado con la siguiente fórmula:

$$S_x = \sqrt{\frac{CMe}{N^{\circ} r}}$$

$q$  = Se encuentra en la tabla de Valores de Tukey, se busca con los grados de libertad del error y el rango mayor de medias a comparar.

$$\text{Dif.} = X_A - X_B \quad T *$$

$$\text{Dif.} = X_A - X_B \quad T \text{ ns}$$

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### 4.1 ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE SEMILLA

##### 4.1.1 ANÁLISIS DE PUREZA

Es el coeficiente o porcentaje en peso de la cantidad de semilla de la especie que nos interesa, que encontramos en la muestra.

Las impurezas pueden ser:

Materias Inertes: semillas quebradas, restos de tallos, hojas, glumas o granzas, tierra, restos metal o plástico (lastre que encarece el costo de la semilla)

Semillas Extrañas: impurezas vivientes que tienen capacidad de generar nuevas plantas y pueden ser útiles (sp. cultivadas) o perjudiciales (plagas).

**Cuadro N°1 Determinación de la pureza de los lotes de semillas obtenidos de cada procedencia**

COMPONENTE	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
	P. (gr)	P. (gr)	P. (gr)	P. (gr)	P. (gr)	P. (gr)	P. (gr)	P. (gr)
<b>SEMILLA PURA</b>	35,99	122,66	144,67	47,63	73,30	11,50	8,10	39,66
<b>IMPUREZA</b>	0,32	2,65	1,82	2,90	1,34	0,60	0,25	1,50
<b>TOTAL</b>	36,31	125,31	146,49	50,53	74,64	12,10	8,35	41,16
<b>% PUREZA</b>	<b>99,12</b>	<b>97,89</b>	<b>98,76</b>	<b>94,26</b>	<b>98,20</b>	<b>95,04</b>	<b>97,01</b>	<b>96,36</b>

#### 4.1.2 DETERMINACIÓN DEL PESO DE LA SEMILLA

El peso de la semilla se mide en el componente de semilla pura que se ha separado mediante el ensayo de pureza. Se expresa normalmente como el peso de 1 000 semillas puras. Es muy sencillo convertir esta cifra en el número de semillas puras por gramo o por kilogramo, según se requiera. El peso puede determinarse sencillamente contando 1 000 semillas y pesándolas (Bonner 1974, Paul 1972), pero la utilización de varias muestras más pequeñas permite al analista estimar la variación que existe dentro de la muestra.

**Cuadro N° 2 Determinación del peso de las semillas de Prosopis alba Griseb**

<b>MUESTRA</b>	<b>N° DE SEMILLAS</b>	<b>PESO</b>	<b>PESO 1000 SEMILLAS</b>	<b>N° SEMILLAS x Kg.</b>
<b>S1</b>	672	35,99	53,56	18672
<b>S2</b>	1000	37,06	37,06	26983
<b>S3</b>	1000	33,58	33,58	29780
<b>S4</b>	1000	34,37	34,37	29095
<b>S5</b>	1000	26,45	26,45	37807
<b>S6</b>	381	11,49	30,16	33159
<b>S7</b>	230	8,10	35,22	28395
<b>S8</b>	1000	39,33	39,33	25425

### 4.1.3 RESULTADO DE GERMINACIÓN

### 4.1.4 PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

Los datos para el análisis de varianza en el porcentaje de germinación se obtuvieron en base a los registros diarios de la germinación en cada uno de los bloques con relación a cada procedencia.

**Cuadro N°3 Evaluación del porcentaje de germinación**

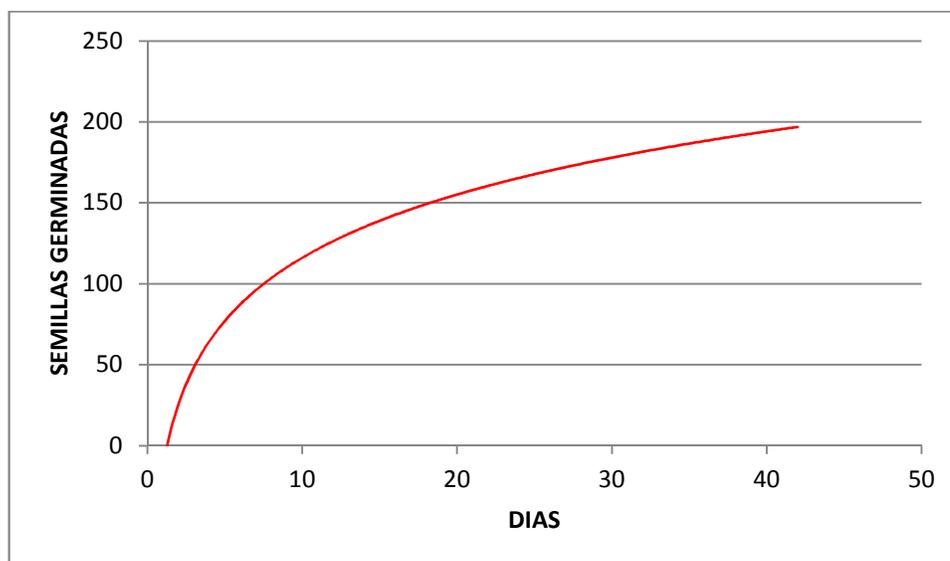
<b>PROCEDENCIAS</b>	<b>BLOQUE 1</b>	<b>BLOQUE 2</b>	<b>BLOQUE 3</b>	<b>BLOQUE 4</b>	<b>SUMA</b>
<b>S1</b>	84	96	88	98	366
<b>S2</b>	88	88	96	84	356
<b>S3</b>	76	86	80	94	336
<b>S4</b>	92	100	100	82	374
<b>S5</b>	90	92	90	100	372
<b>S6</b>	54	74	72	84	284
<b>S7</b>	80	90	82	94	346
<b>S8</b>	78	96	98	98	370

<b>F. de VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>F. Tab 5%</b>	<b>F. Tab. 1%</b>
<b>Total</b>	31	3139,5				
<b>Bloques</b>	3	629,5	209,83	4,74 *	3,07	4,87
<b>Procedencias</b>	7	1579,5	225,64	5,09 **	2,49	3,65
<b>Error</b>	21	930,5	44,31			

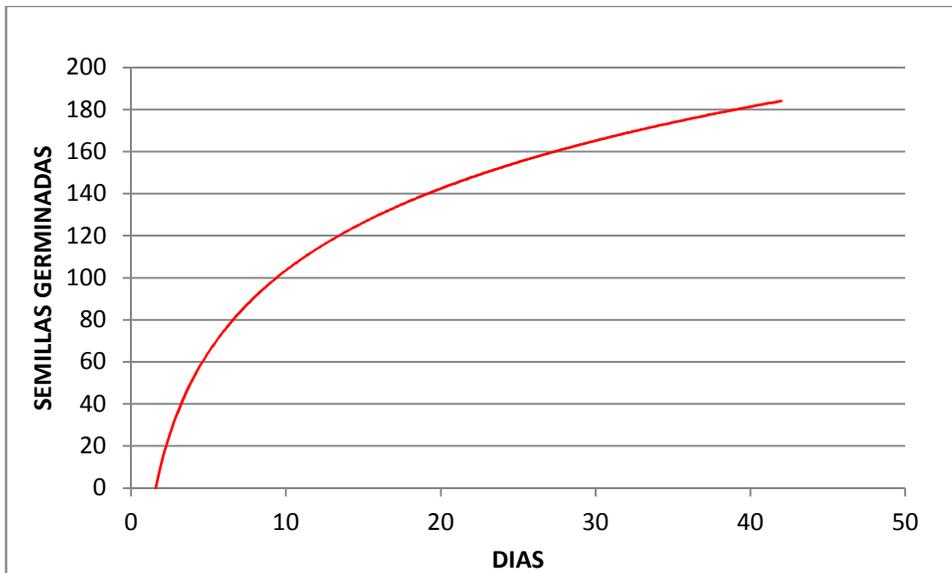
Este análisis de varianza nos indica que existen diferencias significativas entre los porcentajes de germinación tanto para el 5% como para 1% de probabilidad, algunas procedencias dieron como resultado 100% de germinación y de otros es muy bajo.

A continuación se muestran gráficas con las curvas de germinación (días vs. semillas germinadas) de las 8 procedencias:

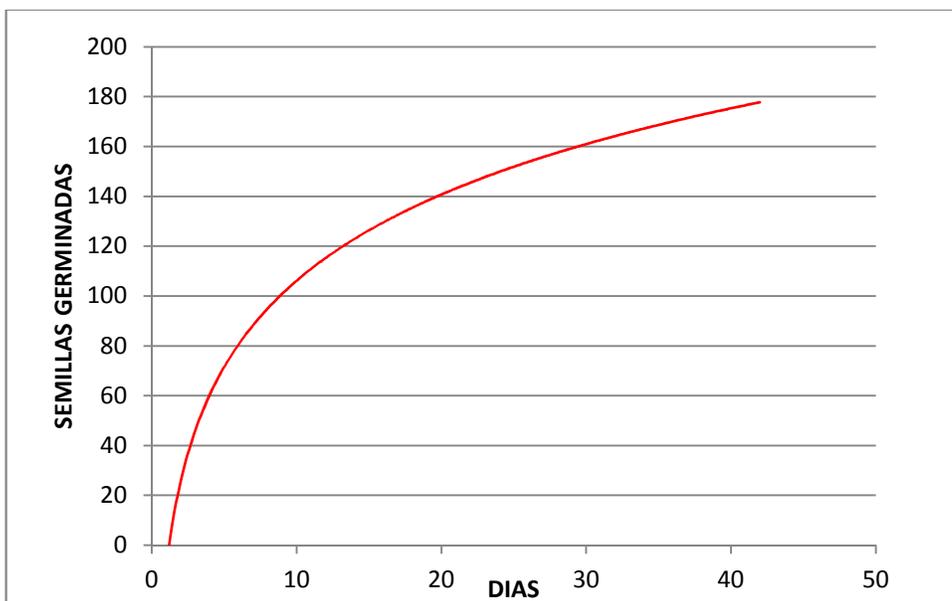
**Gráfica N°1: Curva de Germinación Prosopis alba Griseb (S1 Tarija)**



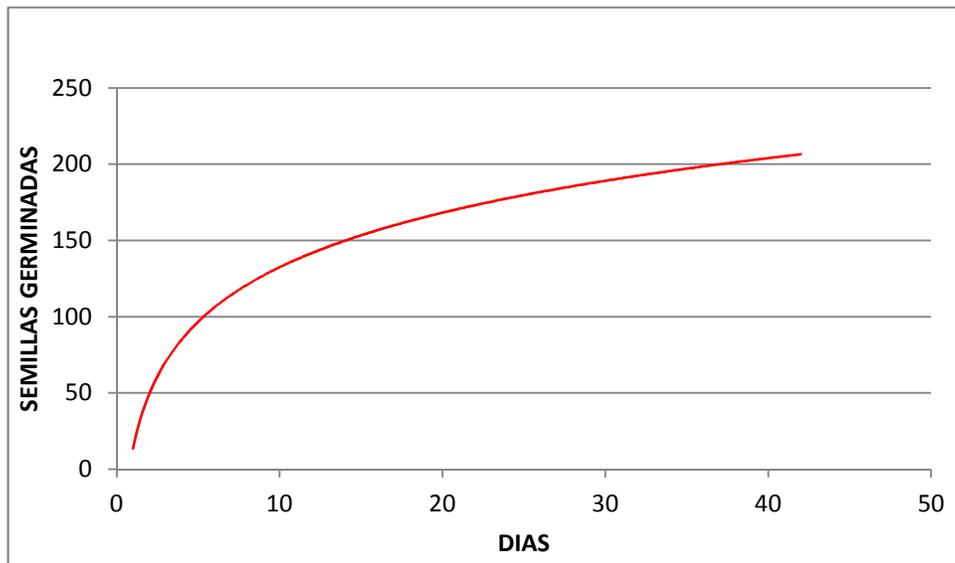
**Gráfica N°2: Curva de Germinación Prosopis alba Griseb (S2 Puesto Uno)**



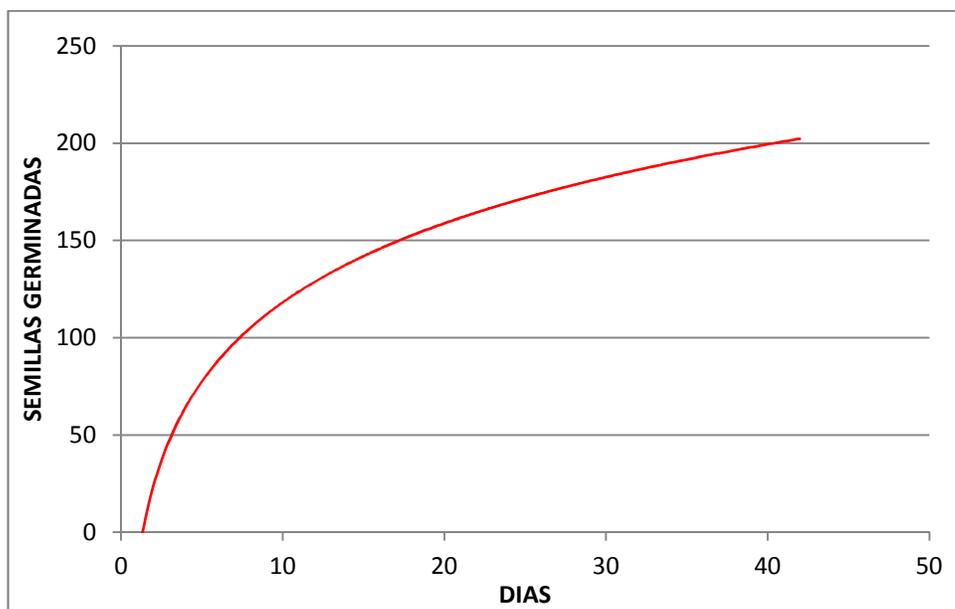
**Gráfica N°3: Curva de Germinación Prosopis alba Griseb (S3 Ibibobo)**



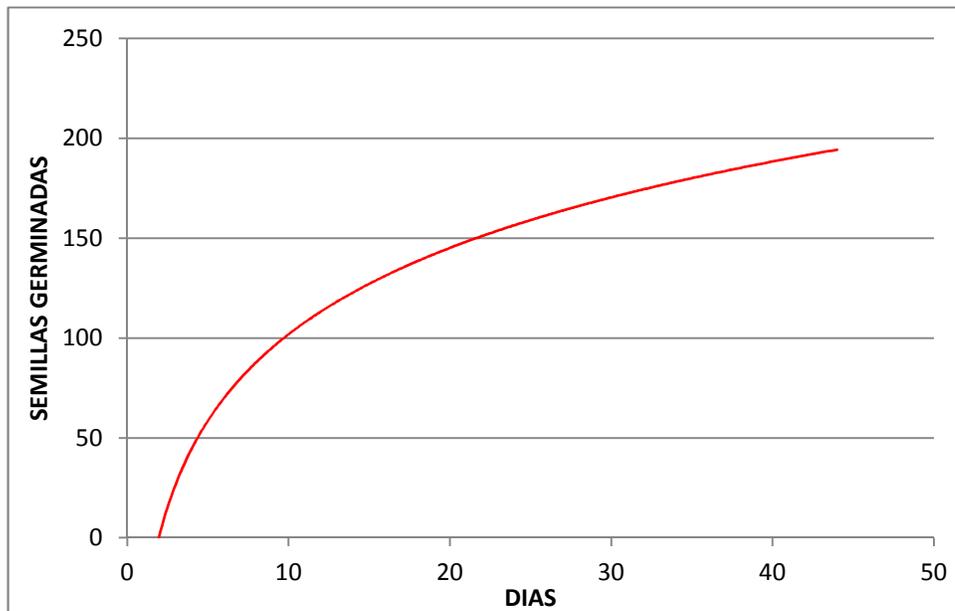
**Gráfica N°4: Curva de Germinación Prosopis alba Griseb (S4 Palmar Chico)**



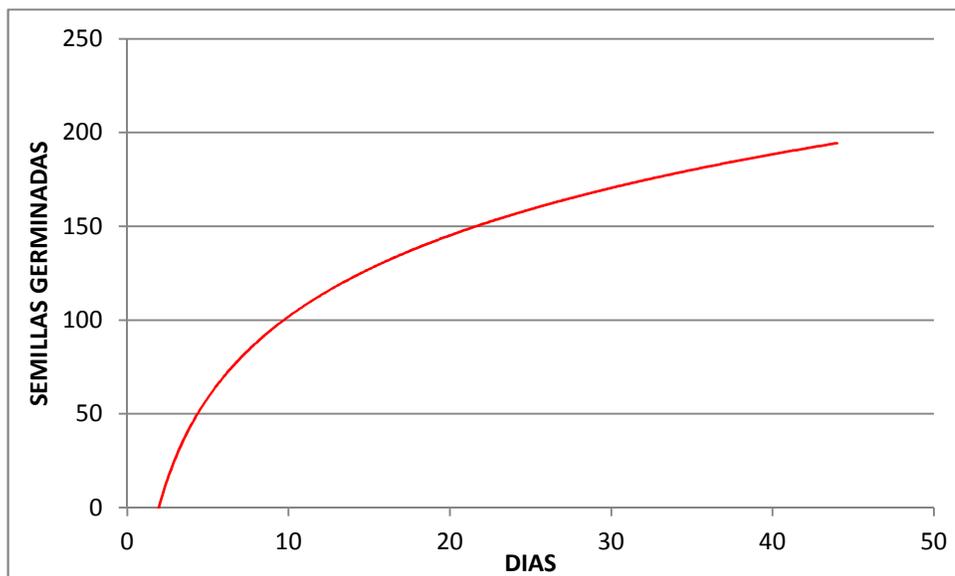
**Gráfica N°5: Curva de Germinación Prosopis alba Griseb (S5 Choroquetal)**



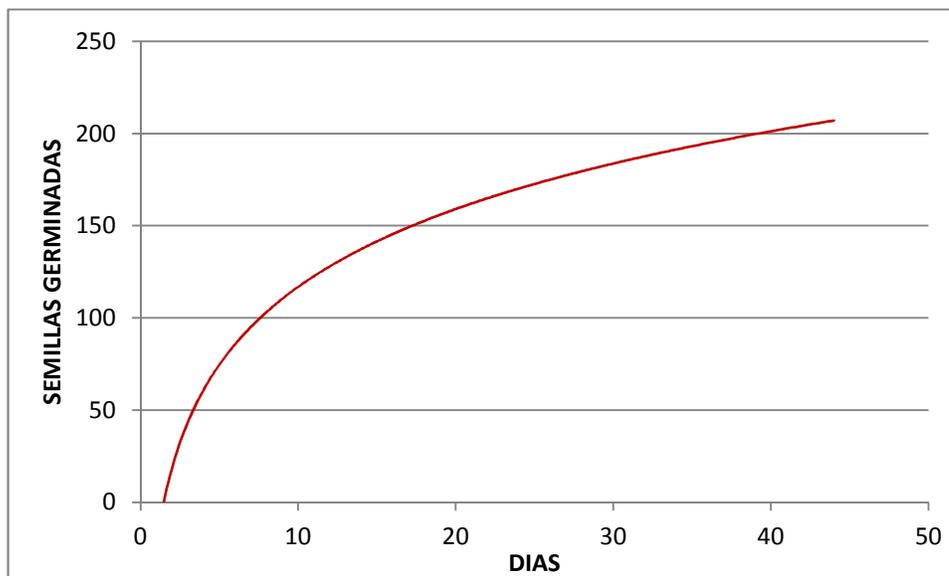
**Gráfica N°6: Curva de Germinación Prosopis alba Griseb (S6 Camiri)**



**Gráfica N°7: Curva de Germinación Prosopis alba Griseb (S7 Boyuybe)**



**Gráfica N°8: Curva de Germinación Prosopis alba Griseb (S8 Machareti)**



#### 4.1.5 ENERGÍA GERMINATIVA

**Cuadro N°4 Evaluación de la Energía Germinativa**

PROCEDENCIAS	BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3	BLOQUE 4	SUMA
<b>S1</b>	16	18	20	20	74
<b>S2</b>	14	10	10	14	48
<b>S3</b>	14	16	12	20	62
<b>S4</b>	18	22	24	18	82
<b>S5</b>	14	20	18	26	78
<b>S6</b>	10	10	6	20	46

<b>S7</b>	16	14	14	34	78
<b>S8</b>	16	22	18	14	70

<b>F. de VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>F. Tab 5%</b>	<b>F. Tab. 1%</b>
<b>Total</b>	31	926,87				
<b>Bloques</b>	3	178,37	59,46	3,01 NS	3,07	4,87
<b>Procedencias</b>	7	33,87	47,70	2,42 NS	2,49	3,65
<b>Error</b>	21	414,63	19,74			

Con el análisis de varianza podemos decir que, no existen diferencias en los porcentajes de energía germinativa entre las procedencias y los bloques.

## **4.2 EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTONES**

### **4.2.1 CRECIMIENTO EN ALTURA DE LOS PLANTONES**

La medición de la altura de plantones se realizó dos veces, una al mes de sembrada la semilla y la otra a los 3 meses, esto debido a que se presentó un problema para la toma de datos a causa de fenómenos naturales (granizada); sin embargo, para el análisis de varianza solo se utilizara los datos de la última medición, ya que son más significativos.

**Cuadro N°5 Datos de las medias totales de cada procedencia por bloque**

<b>PROCEDENCIAS</b>	<b>BLOQUE 1</b>	<b>BLOQUE 2</b>	<b>BLOQUE 3</b>	<b>BLOQUE 4</b>	<b>SUMA</b>
<b>S1</b>	19,16	19,3	17,3	18,8	75
<b>S2</b>	15,0	18,2	18,0	18,3	69,5
<b>S3</b>	17,3	18,4	16,8	17,7	70,2
<b>S4</b>	18,5	18,9	15,8	19,7	72,9
<b>S5</b>	17,5	17,9	17,5	17,2	70,1
<b>S6</b>	11,2	16,4	17,4	17,6	62,6
<b>S7</b>	19,2	21,0	19,1	20,9	80,2
<b>S8</b>	22,4	22,6	23,6	20,3	88,9

<b>F. de VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>F. Tab 5%</b>	<b>F. Tab. 1%</b>
<b>Total</b>	31	167,57				
<b>Bloques</b>	3	10,78	3,59	1,62 NS	3,07	4,87
<b>Procedencias</b>	7	110,42	15,77	7,14 **	2,49	3,65
<b>Error</b>	21	46,37	2,21			

El análisis de varianza mediante el cálculo de la  $F_c$  y la  $F_{Tab}$  nos indica que no existen diferencias entre los bloques, pero si entre las procedencias tanto para el 5 % y el 1% de probabilidad.

### Prueba Tukey

$$T = q * S_x$$

$$T = 4,77 * 0,74 = 3,53$$

<b>PROCEDENCIA</b>	<b>MEDIA</b>
S8	22,2
S7	20,1
S1	18,8
S4	18,2
S3	17,6
S5	17,5
S2	17,4
S6	15,7

	<b>22,2</b>	<b>20,1</b>	<b>18,8</b>	<b>18,2</b>	<b>17,6</b>	<b>17,5</b>	<b>17,4</b>
<b>15,7</b>	6,50 *	4,40*	3,10 NS	3,10 NS			
<b>17,4</b>	4,80*	3,70*	1,40 NS				
<b>17,5</b>	4,70*	2,60 NS					
<b>17,6</b>	4,60*						
<b>18,2</b>	4,00*						
<b>18,8</b>	3,40*						
<b>20,1</b>	2,10						

En esta tabla podemos apreciar que efectivamente que existen diferencias significativas entre las procedencias, de acuerdo a este análisis en cuanto a altura de los plantones podemos decir que una de las mejores precedencias en cuanto a desarrollo de altura es S8 seguido de S7..

#### **4.2.2 N° DE HOJAS DE PLANTONES**

Como un factor de variación se tomó en cuenta el número de hojas por planta, ya que en algunas se podían ver a simple vista que el número de hojas variaba con respecto a la altura, algunos plantones que tenían poca altura presentaban más hojas.

**Cuadro N°6 Datos de las medias totales de cada procedencia por bloque**

<b>PROCEDENCIAS</b>	<b>BLOQUE 1</b>	<b>BLOQUE 2</b>	<b>BLOQUE 3</b>	<b>BLOQUE 4</b>	<b>SUMA</b>
<b>S1</b>	30,9	36,0	33,6	34,4	134,90
<b>S2</b>	20,5	23,8	22,4	23,4	90,10
<b>S3</b>	24	27,89	22,63	22,14	96,66
<b>S4</b>	24,84	26,87	23,27	25,85	100,83
<b>S5</b>	21,95	24,82	27,35	24,30	98,42
<b>S6</b>	14,30	24,47	25,14	23,94	87,85
<b>S7</b>	26,41	20,47	31	26,42	104,30
<b>S8</b>	24,63	29,85	27,96	27,24	109,68

<b>F. de VARIACIÓN</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>F. Tab 5%</b>	<b>F. Tab. 1%</b>
<b>Total</b>	31	592,59				
<b>Bloques</b>	3	58,05	19,35	2,65 NS	3,07	4,87
<b>Procedencias</b>	7	381,38	54,48	7,47 **	2,49	3,65
<b>Error</b>	21	153,16	7,29			

En este análisis de varianza con relación al número de hojas por planta también podemos apreciar que existe una diferencia significativa entre las procedencias tanto para el 5% como el 1% de probabilidad.

### Prueba Tukey

$$T = q * S_x$$

$$T = 4,77 * 1,35 = 6,44$$

<b>PROCEDENCIA</b>	<b>MEDIA</b>
S1	33,73
S8	27,42
S7	26,08
S4	25,21
S5	24,61
S3	24,17
S2	22,53
S6	21,96

	<b>33,73</b>	<b>27,42</b>	<b>26,08</b>	<b>25,21</b>	<b>24,61</b>	<b>24,17</b>	<b>22,53</b>
<b>21,96</b>	11,77*	5,46NS	4,12NS	3,25NS	2,65NS	2,21NS	0,57NS
<b>22,53</b>	11,20*	4,89NS	3,55NS	2,68NS	2,08NS	1,64NS	
<b>24,17</b>	9,56*	3,25NS	1,91NS	1,04NS	0,44NS		
<b>24,61</b>	9,12*	2,81NS	1,47NS				
<b>25,21</b>	8,52*	2,21NS	0,87NS				
<b>26,08</b>	7,65*	1,34NS					
<b>27,42</b>	6,31 NS						

Esta tabla nos indica que no existe diferencia entre la mayoría de las procedencias en cuanto al aspecto foliar, la única procedencia que se halla diferente es S1.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- En el análisis de calidad de las semillas empleadas el contenido de pureza sobrepasa el 90%; asimismo, el número de semillas por Kg. Oscila entre 25000 y 35000.
- El porcentaje total de germinación fue de 87,63%, dentro algunas unidades experimentales se tuvo un buen porcentaje de germinación en algunas alcanzo al 100 %, así como también se tuvo porcentajes bajos, Se tuvo una mortandad del 7,13%.
- Los resultados fueron alentadores a pesar del fenómeno climatológico (granizada) que afecto a los plantines, donde se pudo observar la capacidad de recuperación que tienen los algarrobos.
- En el análisis de varianza con respecto a los datos de altura demostró que existen diferencia entre algunas procedencias. Así como también en los porcentajes de germinación; sin embargo, con respecto a la energía germinativa no existen diferencias.
- El método de siembra directa sin previo tratamiento germinativo resulto efectivo, con relación al método que utilizan en el vivero del PERTT sometiendo a las semillas a un remojo en agua caliente durante 24 horas previo a la siembra.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda profundizar este estudio ampliando las zonas de recolección de frutos para poder contar con más datos sobre fuentes semilleras de algarrobo.
- Este tipo de estudio debe aplicarse a otro tipo de especies arbóreas con fines de repoblación, con el objetivo de obtener individuos con buenas características fisiológicas, además de adquirir conocimientos de las zonas donde se encuentran las fuentes semilleras de las especies que se deseen obtener.
- Se debe contar con un buen lote de semillas para poder iniciar el proceso de germinación en caso de tener fracasos durante el desarrollo de la investigación.
- Si la prueba se lleva a cabo en un vivero se debe tener cuidado con tanto con plagas como con los fenómenos climatológicos de manera que estos no afecten en el registro de datos.
- De acuerdo con los resultados obtenidos y la aplicación de la prueba de Tukey en la evaluación del crecimiento y número de hojas, los mejores lotes de semillas son de Machareti, Tarija y Boyuybe.