

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

EVALUACIÓN GERMINATIVA DE ACACIA (*Acacia melanoxylon* R.Br) BAJO EFECTO DE TRES NIVELES DE LUZ Y DOS DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA.

IBI MANUELA GIRONDA ZÚÑIGA

La Paz – Bolivia

2015

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN GERMINATIVA DE ACACIA (*Acacia melanoxylon* R.Br) BAJO EFECTO DE TRES NIVELES DE LUZ Y DOS DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA.

Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniera Agrónoma

IBI MANUELA GIRONDA ZÚÑIGA

ASESOR:

Ing. Luis Goitia Arce

TRIBUNAL EXAMINADOR:

Ing. M. Sc. Felix Rojas Ponce

Ing. M. Sc. Isidro Callizaya Mamani

Ing. Ph. D Felix Mamani Reynoso

APROBADA

PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR

DEDICATORIA.

**Este trabajo de investigación es
dedicado a Dios y a mi familia.**

Agradecimientos.

Mis sinceros agradecimientos.

A Dios por su ayuda y por permitirme terminar con mi proyecto de Tesis.

A mi mama Marcela a mi abuelo Teodoro y a mis hermanos Noelia, Brayan, Martin y Jorge quienes me apoyaron, para así continuar y terminar mi tesis.

A Emanuel por su apoyo y colaboración para concluir mi tesis.

A la Universidad Mayor de San Andrés y a la Facultad de Agronomía, por permitirme formar parte de esta prestigiosa Institución.

A mi asesor Ing, Luis Goitia Arze, por todo su aporte, apoyo y colaboración.

Al Comité Revisor; Ing. M. Sc. Felix Rojas Ponce, Ing. M. Sc. Isidro Callizaya Mamani, Ing. Ph. D Felix Mamani Reynoso, quienes realizaron las revisiones, correcciones, recomendaciones y sugerencias.

ÍNDICE

	Páginas
1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3. Hipótesis	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Origen y distribución geográfica	4
2.2. Importancia	5
2.3. Características botánicas	8
2.4. Clasificación Taxonómica	12
2.5. Ecología de la especie	12
2.5.1. Factores climatológicos	12
2.5.1.1. Temperatura Ambiental	12
2.5.1.2. Precipitación Pluvial	13
2.5.1.3. Suelos y topografía	13
2.5.1.4. Altitud	14
2.6. Recolección de semillas	14
2.7. Procedencia de la semilla	15
2.8. Semilla	16
2.9. Partes de una semilla	17
2.9.1. Cubierta seminal	17
2.9.2. Endospermo	17
2.9.3. Embrión	18

2.10. Procesamiento de la semilla	18
2.11. Regeneración natural	19
2.12. Fenología	19
2.13. Propiedades externas de la semilla	20
2.13.1. Pureza física	20
2.13.2. Peso de mil semillas	21
2.13.3. Contenido de humedad de la semilla	21
2.14. Propiedades internas de la semilla	22
2.14.1. Viabilidad	22
2.14.2. Germinación y emergencia	22
2.14.3. Energía germinativa	23
2.14.4. Valor de germinación	24
2.14.5. Período de energía	25
2.14.6. Sanidad de la semilla	25
2.15. El proceso de la germinación	25
2.15.1. Imbibición	26
2.15.2. Digestión y translocación	26
2.15.3. Crecimiento de la plántula	27
2.16. Factores ambientales que afectan la germinación	27
2.16.1. Agua	27
2.16.2. Temperatura	28
2.16.3. Oxígeno	28
2.16.4. Luz	29
2.17. Clases de germinación	29
2.17.1. Germinación epigea	30
2.17.2. Germinación hipogea	30
2.18. Fisiología de la semilla	30
2.18.1. Madurez fisiológica	30

2.18.2. Fisiología Post–cosecha	31
2.19. Latencia física de la semilla	31
2.19.1. Tipos de latencia en las semillas	32
a) Latencia por la cubierta de las semillas o exógena	32
b) Latencia morfológica o endógena	32
c) Latencia Interna	33
d) Latencia combinada morfofisiológica	33
e) Latencia combinada exógena – endógena	34
2.20. Tratamientos para superar el letargo de las semillas	34
2.20.1. Tratamientos pre-germinativos	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1. Localización	36
3.2. Descripción agroecológica de la zona	36
3.2.1. Ecología	37
3.2.2. Clima	37
3.2.3 Vegetación	37
3.3 Material experimental	37
3.3.1. Material biológico	37
3.3.2. Material de campo	38
3.3.3. Insumos	38
3.3.4. Material de laboratorio	
3.3.5. Material de escritorio	38
3.4. Métodos	
3.4.1. Preparación de la almaciguera	39
3.4.2 Tratamiento y preparación del sustrato de las almacigueras	40
3.4.3. Siembra del experimento	41
3.4.4. Labores culturales	42
3.4.4.1 Riego	42
3.4.4.2 Deshierbes	43

3.4.4.3 Control de enfermedades y plagas	43
3.4.5. Diseño Experimental	43
3.4.5.1. Modelo Lineal	44
3.4.5.2. Factores de Estudio	44
3.4.5.3. Tratamientos	45
3.4.6. Dimensiones del campo experimental	45
3.4.7. Croquis Experimental	46
3.5. Variables de laboratorio	46
3.5.1. Determinación del porcentaje de germinación	46
3.5.2. Determinación de pureza física en laboratorio	47
3.5.3. Determinación del número de semillas en un kilogramo de peso en laboratorio	47
3.5.4. Humedad de la semilla en laboratorio	48
3.6. Variables de campo	48
3.6.1. Emergencia de las plántulas en días en campo	48
3.6.2. Altura de la planta en campo	49
3.6.3. Determinación de número de hojas en campo	49
3.6.4. Determinación del diámetro al cuello de la raíz en campo	49
3.6.5. Altura de la raíz en campo	49
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. Descripción morfológica de la fuente de semillas	50
4.2. Indicadores de respuesta	50
4.2.1. Pureza física determinada en laboratorio	50

4.2.2. Determinación del número de semilla en un kilogramo de peso en laboratorio	51
4.2.3. Contenido de Humedad en laboratorio	52
4.2.4. Germinación en laboratorio	53
4.2.5. Determinación de la viabilidad	53
4.3. Variables de evolución de campo	54
4.3.1. Germinación y emergencia	54
4.3.2. Altura de la planta	57
4.3.3. Número de hojas	59
4.3.4. Diámetro del cuello de la raíz	62
4.3.5. Largo de la Raíz	63
5. CONCLUSIONES	65
6. RECOMENDACIONES	67
7. BIBLIOGRAFÍA	68

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Usos y potenciales de la <i>Acacia melanoxyton</i>	8
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos	45
Cuadro 3. Pureza física de la semilla	51
Cuadro 4. Peso de 100 semillas de <i>Acacia melanoxyton</i>	51
Cuadro 5. Contenido de humedad	52
Cuadro 6. Porcentaje de germinación	53
Cuadro 7. Análisis de varianza de germinación	54
Cuadro 8. Determinación de la viabilidad	55
Cuadro 9. Comparación de medias de porcentaje de germinación de semillas de <i>Acacia melanoxyton</i> para los niveles de luz	55
Cuadro 10. Análisis de Varianza Para Altura de la Planta	57
Cuadro 11. Comparación de medias de altura de plantas a los 90 días desde el inicio de la emergencia de plantines para densidad de siembra	58
Cuadro 12. Análisis de varianza para número de hojas	60
Cuadro 13. Comportamiento de las medias de número de hojas a los 90 días desde el inicio de la germinación de las plántulas para los diferentes tratamientos	61
Cuadro 14. Análisis de varianza para diámetro del cuello de la raíz	62
Cuadro 15. Comparación de medias de diámetro de cuello de raíz a los 90 días desde el inicio de la emergencia de los plantines para densidad de siembra	63
Cuadro 16. Análisis de varianza para longitud de raíz	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Porcentaje de germinación de semillas de <i>Acacia melanoxylon</i>	56
Gráfico 2. Número de semillas germinadas por tratamiento	57
Gráfico 3. Altura de planta promedio (cm) para densidadde siembra	59
Gráfico 4. Número promedio de hojas para los tratamientos niveles de luz	61
Gráfico 5. Número promedio de diámetro de cuello de raíz	63

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Foto 1. Estación experimental de Cota Cota	36
Foto 2. Colecta de semillas <i>Acacia melanoxylon</i>	38
Foto 3. Preparación de la almaciguera	39
Foto 4. Limpieza del terreno	39
Foto 5. Preparación del sustrato	40
Foto 6. Desinfección del sustrato	41
Foto 7. Siembra de la <i>Acacia melanoxylon</i>	41
Foto 8. Riego de las unidades experimentales	42
Foto 9. Deshierbe de las unidades experimentales	43

RESUMEN

Los bosques en Bolivia son una fuente de biodiversidad, llegan a constituir un 48% de la superficie del país, es decir que comprende 53.4 millones de hectáreas de superficie de nuestro país (MDSMA, 1995).

LA FAO – UNASYLVA, (2000). Calcula que aumentara la demanda de todos los tipos de madera en un 50% en menos de 15 años. Dado el descenso de los suministros de los bosques naturales, las perspectivas a largo plazo de la acacia melanoxyton de plantaciones son prometedoras. Así mismo Bardi, et al (2001), indica que la acacia melanoxyton podría aportar y diversificar la oferta de mercado regional de madera de calidad para usos relacionados con la industria de la construcción y del inmueble, generando oportunidades para el desarrollo local, sea desde el recurso ya implantado, o desde nuevos planteos comerciales bajo ordenamiento territorial.

Al respecto al reconocer la importancia de la acacia, fue pertinente tomar en cuenta su aprovechamiento, propositivo que se logró utilizando semilla de acacia, arena fina, turba y tierra del lugar. Para que posteriormente sean sometidos a diferentes niveles de luz; 100 por ciento de luz, 50 por ciento de luz y 30 por ciento de luz, y densidades de siembra; densidad de 266 y 400 semillas/m². Asimismo se sometió a las semillas al análisis de laboratorio donde se obtuvo 78% de pureza, 74000 semillas/kg, 2.04% de contenido de humedad, 87.5% de viabilidad y 85.25% de porcentaje de germinación.

Por otro lado el porcentaje de germinación de campo fue influenciada por los diferentes factores y tratamientos realizados en la investigación; se obtuvo un 52.50% de semillas germinadas para el factor 50% de luz, siendo el más alto, por su parte el valor más bajo de germinación fue el 100% de luz reportando 20.02%.

El factor que influyó en el desarrollo de los plantines (altura de la planta) fue el de densidad de siembra, se obtuvo un promedio de 3.04 cm para siembra de 266 semillas/m², mientras que el valor más bajo fue de 2.97 cm para siembra de 400 semillas/m²; para números de hojas el factor que influyó significativamente fue el

de nivel de luz mostrando que a 100% de luz existe un mayor número de hojas (8 hojas planta), mientras que en los otros niveles de luz mostraron un menor número de hojas; en diámetro de cuello de raíz solo que el factor densidad tuvo influencia significativa, mostrando superioridad una de la otra (0.51 cm para densidad de siembra de 266 semillas/m² y 0.43 cm para densidad de siembra de 400 semillas/m²) y finalmente para largo de raíz no existió influencia de ningún factor ni de la interacción de los factores (factor A X factor B).

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques en Bolivia son una fuente importante de biodiversidad, llegan a constituir un 42 % de la superficie del país, es decir que comprende 46% millones de hectáreas de superficie del país (URIOSTE. et. al. 2010).

Datos estadísticos demuestran que en los últimos veinte años los niveles de deforestación han llegado a más de 400.000 ha/año (GOITIA, 2013), lo cual resulta significativamente alarmante. Así mismo similares situaciones ocurren en el departamento de La Paz, donde una superficie territorial de 13.3 millones de hectáreas corresponden al 45 % de la cobertura forestal, es decir 5.9 millones de hectáreas de bosque (BOLFOR s/f).

Las especies del género acacia tienen la particularidad fertilizadora de suelos debido a que sus raíces viven en simbiosis con bacterias del género rizobium, formando nódulos que transforman el nitrógeno inerte de la atmósfera. Como fijadora de suelo se presta para combatir la erosión por su vigorosa capacidad de regeneración por brotes de raíz y la repoblación de cárcavas en suelos muy degradados, la abundante floración, que presenta hace que sea una especie melífera de gran importancia (BOLFOR, s/t).

Bardi. et. al. (2001). Indica que la *Acacia melanoxylon* podría aportar y diversificar la oferta del mercado regional de madera de calidad para uso relacionados con la industria de la construcción y del mueble, generando oportunidades para el desarrollo local, sea desde el recurso ya implantado, o desde nuevas plantaciones comerciales bajo ordenación forestal.

Existe por lo tanto, la necesidad de conocer las características tanto reproductivas, como también investigar la comparación de los niveles de luz, para efectivizar el comportamiento de las semillas en una misma condición ambiental, es además

importante, mostrar los usos actuales y potenciales, de la especie que posibilite incorporar información conocimientos para la propagación de la misma.

La presente investigación está orientada a ampliar los conocimientos referentes a efecto de los niveles de luz que serán aplicadas en la propagación de la especie *Acacia melanoxylon*, lo cual permitirá observar si los niveles de luz afecta o no, a la germinación y así dar alternativas para la producción.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Determinar el comportamiento germinativo de la acacia (*Acacia melanoxylon*) bajo el efecto de tres niveles de luz y dos diferentes densidades de siembra en la Estación Experimental de Cota Cota.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar el efecto de tres niveles de luz y dos diferentes densidades de siembra, en la germinación de acacia (*Acacia melanoxylon*).
- Comparar los efectos de la interacción de cada uno de los niveles de luz y las dos densidades de siembra de acuerdo a la altura, diámetro de cuello, número de hojas y largo de raíz de acacia (*Acacia melanoxylon*).
- Determinar la pureza física, viabilidad, número de semillas/kg, porcentaje de germinación, contenido de humedad de las semillas de acacia (*Acacia melanoxylon*).

1.3. Hipótesis

Ho1. Los diferentes niveles de luz y densidades de siembra no influyen en la germinación de la semilla de acacia (*Acacia melanoxylon*).

Ho2. La interacción de los niveles de luz y densidades de siembra influyen en el desarrollo de la altura de la planta, diámetro de cuello, número de hojas y largo de raíz.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen y distribución geográfica

Killeen *et al.* (1993), menciona que la acacia negra (*Acacia melanoxyton*), es un árbol pequeño inerme, originario de Australia.

Según FAO (1981), indica que la acacia negra es originaria de Australia pero en Europa se cultivaron los primeros ejemplares a principios del siglo XIX y que se distribuye en su área de origen por el Sur y el Este de Australia, incluido la isla de Tasmania y que en España aparece cultivado en jardinería en provincias litorales, y también en plantaciones para producción de madera en Galicia.

Menéndez (2006), por su parte indica que la *Acacia melanoxyton* es una especie originaria de los bosques húmedos del Sud Este de Australia y Tasmania. Se ha introducido como especie ornamental en parques, jardines y propiedades, como especie forestal por su buena madera, existiendo en Australia y Galicia plantaciones para el uso en las zonas silíceas costeras, y para fijar suelos, especialmente dunas. De estos lugares ha pasado a aparecer naturalizada en ambiente naturales en los que compite especies autóctonas.

El mismo autor también indica que este árbol habita espontáneamente en el Sur de Tasmania y es la más importante de las acacias aclimatadas en Chile.

Forest Service (1948), señala que las acacias incluyen alrededor de 500 especies y están distribuidas en la región tropical y áreas templadas. En Australia se encuentran cerca de 300 especies. Alrededor de 70 especies pertenecen a América.

Miller citado por Pillen *et al.* (1999), indica que el género acacia presenta más de 500 especies en las regiones tropicales subtropicales de Australia, Asia, África y América.

En Bolivia se han registrado 33 especies, existiendo abundante material de herbario aún no determinado.

Carranza (2007), indica que esta especie en Nueva Zelanda, Sudáfrica y Brasil, se reportan como los países donde la acacia tendría mayor historia como exótica, no obstante se la ha difundido mucho en Chile, donde existen varios proyectos y en la actualidad contarían con 1000 ha plantadas. En Sudáfrica es una especie introducida que se ha naturalizado y ha llegado a considerarse invasora. Hubo planes que intentaron erradicarla, pero debido al valor de su madera y a un mercado pendiente de ella. Se la ve en la actualización como una especie pionera útil de rápido crecimiento que debe manejarse adecuadamente para lograr madera libre de nudos. También se la introdujo en la India, Hawái y China, donde hay más de 5000 plantadas y en Argentina en 1947 se la calificaba como naturalizada.

2.2. Importancia

BOLFOR, s/f. En la actualidad los usos potenciales estudiados de la especie son de gran importancia, tanto como especie ornamental, así como también para la detección de la cantidad de polvo del ambiente (cantidad de contaminación ambiental), en cuanto a su uso, se la utiliza como cortinas rompe fuegos, recuperación de suelos, utilización en sistemas agroforestales, así como su madera en construcciones, mueblería, estructuras de embarcadero, remos mangos, culatas para la extracción de pasta celulósica y leña.

El mismo autor indica que la especie de acacia negra (*Acacia melanoxylon*), presenta características favorables, las que pueden ser aprovechadas en nuestro medio como usos potenciales a corto plazo, al ser esta una especie leguminosa su aprovechamiento es óptimo cuando se la emplea en la recuperación de suelos pobres y erosionados, esta característica además hace que sea útil en sistemas agroforestales resultados que coinciden con lo redactado por Geilfus (1994), quien

menciona que esta especie es utilizada en zonas montañosas de Costa Rica, como cortina rompe viento y rompe fuego.

BOLFOR, S/F, También indica que esta especie debido a su resistencia frente a sequías, heladas o tormentas fuertes, se presta favorable para su implementación en sistemas silvopastoriles, además de presentar un follaje verde y persistente. Liahitte *et al.* (1999) con respecto a esto, menciona que esta especie es como arboles dispuestos en potreros, ya que sirven de abrigo para el ganado.

Gracias a que esta especie presenta follaje incombustible, puede ser reemplazado como cortina rompe fuego, por su parte Dimitri (1978), y Liahitte *et al.* (1999), afirman que la misma es utilizada en Argentina, como cortina rompe fuego sobre todo en plantaciones de coníferas.

Líahitte *et al.* (1999), indica que la madera de acacia negra es de textura mediana y heterogénea, con una albura de color amarillo ocre, duramen castaño violáceo que es fácil de aserrar, maquinar, calvar y curvar, es medianamente pesada, semidura y flexible, soporta choques y vibraciones, se emplea en: mueblería, construcciones estructuras de embarcaderos, remos, mangos y para pasta celulósica en Chile.

Menéndez (2006), menciona que la *Acacia melanoxylon*, posee una madera de color negro y grano muy fino, muy apreciada en ebanistería, manufactura de maderas, taninos, resinas, medicinas, fibras, perfumes, leña, para plantaciones ornamentales. Se la utiliza también como ejemplar aislado o formando grupos, esta especie es útil para alineados por su porte recto.

El mismo autor indica que, es una especie valiosa para mueblería y la industria del foliado en países del hemisferio norte. Al igual que otras fabáceas es una leguminosa que fija nitrógeno atmosférico, lo que confiere una cualidad esencial para mejorar los sitios donde se establezca. La madera tiene gran resistencia a los esfuerzos de tracción y compresión, reúne buenas condiciones para su ejemplo en carpintería,

chapas, pisos, revestimientos, tornería y piezas sometidas a choques y vibraciones. La especie posee una excelente calidad para la producción de madera aserrada entre los 25 – 30 años de edad.

Iglesias (2010), señala que es una de las especies ornamentales más hermosas que puede plantarse en Chile Central, por su tamaño y follaje imponentes en su floración muy vistosa; también su tronco tiene una llamativa arquitectura al poseer una copa amplia y muy frondosa, que genera una abundante sombra. Apropiado para parques y usado como punto focal. También para poner una otra de color o bien para generar contrastes especiales con otros árboles.

Maldonado (1988), indica que su follaje tiene la particularidad de no arder, lo que hace que se emplee en líneas corta fuegos; destinadas a interceptar el paso de los incendios en las grandes masas de árboles. Para este objeto se recomienda plantar el árbol en líneas dobles o triples, a orillas de los cuarteles plantados con especies resinosas; se recomienda también plantarlo a lo largo de las líneas férreas en líneas múltiples, con el objeto de impedir los perjuicios que puedan ocasionar las chispas que arrojan las locomotoras.

El mismo autor indica que por su incompatibilidad este árbol es muy recomendable para enmascarar fortificaciones y para rodear polvorines. Y sería de desear que los plantines de pinos y cipreses que ahí se emplearan en Chile con este mismo objeto se reemplazasen por este árbol, pues las confieras a que nos hemos referido constituyen un gravísimo peligro para las guarniciones de los fuertes.

Zeballos (2000), menciona que esta especie se lo utiliza como protección de cuencas, leña, recuperación, ornamental, control erosión.

Carranza (2007), por su parte indica que su madera es valiosa como materia prima, como planta exótica, posee una madera valiosa para el ser utilizada en ebanistería,

revestimientos paneles, pisos, tornería y principalmente se utiliza el recurso de las poblaciones del noreste de la isla de Tasmania en Australia.

El mismo autor indica que en Chile el producto de los raleos se lo utiliza como materia prima en la fabricación de tableros de partículas o como leña de alto poder calorífico. En el cuadro 1 se muestran los usos actuales y potenciales de Acacia.

Cuadro 1. Usos actuales y potenciales de la *Acacia melanoxylon*

	USOS	<i>Acacia melanoxylon</i>
	ESPECIE ORNAMENTAL	SI
	DETECCIÓN DE CANTIDAD DE POLVO DEL AMBIENTE	SI
	VALOR ESTÉTICO	SI
ÁRBOL	ESPECIE DE IMPORTANCIA MELÍFERA	SI
	RECUPERACIÓN DE SUELOS	SI
	CORTINA ROMPE VIENTOS	SI
	CORTINA ROMPE FUEGOS	SI
SISTEMAS AGROFORESTALES	SISTEMA TAUGYA	SI
SISTEMAS SILVOPASTORILES	ÁRBOLES DISPUESTOS EN POTREROS	SI
	CONSTRUCCIONES	SI
	MUEBLERÍA	SI
MADERA	HERRAMIENTAS Y ARTÍCULOS	SI
	CONSTRUCCIONES DE EMBARCADERO	SI
	LEÑA	SI

2.3. Características botánicas

Líahitte *et al.* (1999), menciona que las hojas son bipinnadas en las pantas o ramas jóvenes. Las plantas adultas, en cambio, reemplazan las hojas por filodios, los filodios tienen de 7 a 10 cm largo, son grisáceos a verdes negruzcos, rectos y suavemente curvos, con 3 a 7 venas prominentes longitudinales y finas venas entre ellos.

Menendez (2006), afirma que las hojas carecen de estipulas, son en las plantas jóvenes bipinnadas, mientras que en las adultas están reducidas, desapareciendo completamente el limbo y ensanchándose en el peciolo, formando una estructura llamada filodios. Estos filodios miden de 6-14 x 1.2-3 cm, son elípticos lanceolados, oblanceolados o sub-falciformes, de ápice obtuso o sub-agudo y que se atenúa en un peciolo; tiene 3-5 nervios paralelos, bien visibles, coriáceos y con una glándula encima de la base.

Para Killeen *et al.* (1993), indican que tienen un follaje perenne, muy denso de color verde oscuro, formado de hojas bipinnadas en estado juvenil y en estado adulto las hojas son filodios persistentes alternos y lanceolados, algo curvadas, falciformes, de unos 5-13 cm de longitud de un color verde oscuro. Este árbol presenta dimorfismo foliar, es decir cuando son pequeñas tienen un tipo de hojas diferente y cuando son adultos sus hojas son transformadas en filodios.

Dimitri (1978), menciona que las raíces son superficiales con tendencia a producir hijuelos a cierta distancia del tronco.

Menéndez (2006), indica que sus raíces son superficiales con lo que desecan mucho la tierra.

Por su parte Dimitri (1978), indica que la acacia negra es un árbol robusto que alcanza los 13 m, con una copa más o menos cónica o globosa, follaje persistente de mucha sombra.

Líahitte *et al.* (1999), menciona que esta especie a diferencia del resto se caracteriza por la presencia de filodios, corteza grisácea, lisa o algo rugosos.

Maldonado (1988), indica que tiene un tronco cilíndrico, recto que alcanza una altura de 20 y más metros, produce una madera de color oscuro con la albura enteramente amarillenta, madera que no se tuerce ni se arquee, de grano muy fino, se pulimenta y

se barniza en muy buenas decoraciones. Se la utiliza en mueblería, para revestimientos interiores de edificios y en carrocería, también se la busca bastante para culatas de armas de fuego. La corteza tiene entre unos 20 a 21% de tanino.

Killeen et al. (1993), señalan que las flores son de color amarillo-pálido y están dispuestas en Inflorescencia en cabezuelas solitarias o en racimos axilares.

Menéndez (2006), menciona que la *Acacia melanoxylon* presentan flores amarillas que se reúnen en inflorescencias modo de glomérulos, de forma globosa, de 10 a 12 mm de diámetro y portando cada uno entre 30 y 50 flores. Sus flores son actinomorfas, pentámeras de color amarillo; cáliz de 1.25 mm, es obcónico, glabro, con 5 lóbulos cortos semicirculares y ciliados; la corola; de 1.75, es tubulosa, glabra, con un tubo más o menos cilíndrico y otros 5 lóbulos pero triangulares. Los estambres son numerosos, libres miden hasta 4mm y sobrepasan bastante la corola.

El mismo autor indica que las flores son de color amarillo pálido, se disponen en cabezuelas globulares, la floración, es similar al resto de las acacias en cabezuelas esféricas blanco-amarillentas cubriendo el árbol entero de flor, floreciendo en marzo.

Líahitte et al. (1999), menciona que esta especie produce pequeños racimos axilares de color amarillo pálido, presenta flores perfectas, pequeñas, amarillo pálido dispuestos en capítulo.

Carranza (2007), afirma que las flores forman cabezuelas globosas reunidas en pequeños racimos axilares de color amarillo pálido.

Killeen et al. (1993), indica que sus frutos son vainas de color pardo-rojizo, retorcidas, más angostas que los filodios.

Líahitte et al. (1999), menciona que esta especie presenta el fruto legumbre lineal, plana aplastada y larga, retorcida o curvada.

Menéndez (2006), da a conocer que su fruto es una legumbre elipsoidal de entre 4 y 12 cm, recurvada y comprimida entre las semillas.

Pomier (2008), concluye que son vainas dehiscentes de color pardo-rojizo, planas y curvadas, algo comprimidas entre las semillas, de 3 a 12 cm de longitud, que contiene entre 3 a 15 semillas dispuestas en posición longitudinal.

Líahitte *et al.* (1999), menciona que las semillas son chatas, redondeadas, negras, de 2 a 3 mm de longitud.

Menéndez (2006), concluye que las semillas son negruzcas, elipsoidales, con un funículo (arilo) largo plegado que da varias vueltas a las semillas.

Carranza (2007), menciona que las semillas son negras y lustrosas con un funículo rojo que las rodea.

Pomier (2008), indica que las semillas son de color negro con tono brillante entre 3.8 a 5.3 mm de largo, 1.8 a 3.2 mm de ancho y 0.8 a 1.8 mm de espesor, cubiertas por un arilo de color anaranjado que mide de 2.7 a 5.2 cm de longitud y muestra de 3 a 5 pliegues.

2.4. Clasificación Taxonómica

Menéndez (2006), describe a la *Acacia melanoxylon* de la siguiente forma:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Leguminosae

Género: Acacia

Nombre científico: *Acacia melanoxylon*

Nombre común: Acacia negra, acacia de leño negro, acacia de filodios, acacia de madera negra, acacia de fusta negra, acacia Australiana.

2.5. Ecología de la especie

2.5.1. Factores climatológicos

2.5.1.1. Temperatura Ambiental

Menéndez (2006), menciona que esta especie resiste temperaturas mínimas de -8° a -10 °C. por otro lado Maldonado (1988), afirma que esta especie resiste bastante a las bajas temperaturas.

Zeballos (2000), indica que es cultivada favorablemente a temperaturas media anual de 18.5 a 21 °C y que es una especie heliófila que demanda bastante luz solar.

Carranza (2007), por su parte menciona que la temperatura media anual en su área de origen fluctúa entre los 8° a 18°C, registrándose temperaturas mínimas de -3°C y alta incidencia de heladas y que el mejor desarrollo en términos de crecimiento y de

forma en su zona de origen se encuentra en sitios con clima templado frío con suelos profundos especialmente en los bosques altos.

2.5.1.2. Precipitación Pluvial

Zeballos (2000), indica que su óptimo desarrollo lo alcanza con precipitaciones entre 1.700 y 2.700 mm anuales.

Carranza (2007), afirma que en su zona de origen la precipitación anual oscila entre los 400 mm y los 2800 mm con un promedio de 1800 mm.

2.5.1.3. Suelos y topografía

Líahitte *et al.* (1999), indica que la Acacia negra crece principalmente en los suelos de mediana a alta fertilidad, profundos, con buen drenaje y pH neutro a ácido y en cuanto a su suelo no es exigente pero prefiere suelos sin cal si sal.

Maldonado (1988), indica que este árbol crece en toda clase de suelos, pero prefiere los suelos francos y profundos.

El mismo autor, menciona que en Chile se ha desarrollado muy bien y se le ha empleado no solo en bosques sino también como árbol de ornato y para la repoblación de dunas, demostrando tener una adaptabilidad muy considerable a las arenas volarte.

Menéndez (2006), menciona que es una especie de carácter rustico, aunque prefiere suelos profundos y algo húmedos, con un buen drenaje, bastante materia orgánica que aporten humedad y sean ácidos, desarrollados sobre sustratos silíceos.

Zeballos (2000), afirma que crecen en suelos arenosos a arcillosos, bien drenados y de pH neutros.

Carranza (2007), menciona que se desarrolla en suelos forestales podzólicos, rojos y amarillos o aluviales de mediana a alta fertilidad y pH neutro a ácido.

2.5.1.4. Altitud

Menéndez (2006), manifiesta que esta especie vegeta hasta los 400 metros de altitud. Muy rústico y resiste las heladas débiles, no soporta los vientos, pues al tener las raíces superficiales hace que enseguida vuelque. Soporta la contaminación urbana.

Zeballos (2000), da a conocer que la acacia negra es cultivada en zonas que presentan un rasgo altitudinal favorable para su producción de 1.500 a 3.000 m.s.n.m.

Carranza (2007), indica que en el Sur, crece desde el nivel del mar hasta los 1500 de altura, pero en el Trópico de Capricornio su crecimiento está restringido a las alturas superiores a los 500 metros. En cuanto a su distribución en zonas de origen es amplia, en latitud varía desde 16° a 43° Sur.

LOEWE (2004), manifiesta que la mayor parte de las especies originarias de Australia y de Tasmania se encuentra hasta los 1.000 m.s.n.m.

2.6. Recolección de semillas

Sandoval (1997), indica que hay dos maneras de adquirir semillas forestales; comprando a instituciones especializadas, o mediante recolección local. En ambos casos hay que verificar una adecuada procedencia. La procedencia se refiere al lugar de origen de la semilla, es decir la localidad geográfica donde se ha desarrollado el árbol padre.

Zalles (1988), señala que la recolección de semillas se organiza evaluando el sistema más adecuado para cada especie en función del tamaño del árbol, hábitos

de fructificación, tipo y densidad del bosque, forma de diseminación y tamaño de los frutos. Las semillas y los frutos deben ser recolectados cuando están maduros; por otro lado estas deben ser cosechadas antes de que se deterioren. Las fechas de recolección varían según cada especie y localidad, de acuerdo a esto se aconseja elaborar para cada región, un calendario fenológico indicando el mes de cosecha de las especies más importantes.

William (1991), menciona que las recolecciones que se efectúan en pequeña escala con fines de investigación, la selección de los árboles dependerá de los objetivos concretos de la investigación proyectada. En muchos países se está presentando mucha atención a la investigación de procedencias, el asesoramiento de la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO) sobre recolección de semillas de procedencias comprende las recomendaciones siguientes en cuanto a la selección de árboles:

- Recolectar en árboles de rodales normales.
- Recolectar en un mínimo de 10 árboles de cada rodal o mejor de 25 a 50.
- Los árboles semilleros deben estar separados entre si por lo menos por la distancia de caída de las semillas.
- Se debe marcar los árboles en los que se recolecta la semilla.
- Se debe recolectar igual número de frutos por árbol.

2.7. Procedencia de la semilla

Zalles (1988), considera que la procedencia es la fuente geográfica o lugar de origen de un lote de semillas o de polen; en sentido estricto de la palabra, es la localidad geográfica de la que proviene un árbol o árboles madres y dentro de la cual se ha desarrollado, por selección natural su constitución genotípica. Esta es un área suficientemente amplia para la recolección del material de reproducción, definida por límites visibles por los cuales su identificación en el terreno es posible, estos deben ser cuidadosamente establecidos, teniendo en cuenta la mayor uniformidad fenotípica y ecológica posible.

Pieter (1982), señala que las plantas por cultivarse deben crecer bajo condiciones ambientales similares a las de los árboles padres, la información completa sobre la procedencia de semillas debe contener los siguientes datos:

- Fecha de recolección de la semilla
- Altitud, ubicación geográfica de la recolección y nombre del lugar
- Nombres vulgares y científicos de los árboles madres, así como su nombre estimado
- Origen de los rodales, si son naturales o implantados.
- Precipitación promedio anual, temperatura máxima y mínimas mensuales.
- Profundidad, textura, acidez del suelo.

2.8. Semilla

Rodríguez (1985), indica que la semilla es el óvulo fecundado y maduro, que cuando se siembra se obtiene plantas, en consecuencia la semilla es el órgano de reproducción de la planta. Una semilla madura, está compuesta básicamente de tres partes: embrión, endospermo y testa.

Mesón y Montoya (1993), indican que la semilla es a la vez principio y fin vegetal superior; procede del óvulo tras ser fecundado por el grano de polen. La semilla es el embrión en estado de vida latente acompañado de un tejido nutritivo y rodeado por una cubierta llamada epispermo. El tejido nutritivo puede hacer alusión al endospermo, si el embrión no lo ha consumido previamente en su proceso de formación da inicio a los cotiledones en las angiospermas, las semillas van encerradas dentro del fruto que les sirve de protección. A su vez una semilla está compuesta de un embrión que puede ser o no viable; por materiales destinados a nutrir el embrión (albumen, cotiledones) y por una envoltura protectora o epispermo que a su vez tiene una capa externa llamada testa y otra interna llamada tecmen.

De acuerdo a Sandoval (1997), en una semilla se distinguen tres partes: el embrión, el endospermo y los tegumentos o testa. El embrión es una planta en miniatura que está formada por los cotiledones, la plúmula, el hipocotilo y la radícula. El hipocotilo

es el tallo que une a los cotiledones con la radícula. La radícula es el rudimento radical del embrión. El mismo autor señala que el endospermo es un tejido de reserva a base de carbohidratos, grasas y proteínas, las que suministran energía para que se de la germinación y desarrollo hasta que se pueda iniciar la fotosíntesis.

Sandoval (1997), también menciona que el tegumento sirve para proteger el embrión y al endospermo de daños como ruptura, desecación, ataque de hongos, insectos, etc.

2.9. Partes de una semilla

Niembro (1988), menciona que, las semillas están constituidas principalmente por una cubierta seminal, endospermo y embrión:

2.9.1. Cubierta seminal

La cubierta seminal es la estructura que rodea y protege a las partes internas de la semilla de daños físicos y bióticos procedentes del exterior. Dicha estructura se compone de partes que integran el o los tegumentos del óvulo constituyéndose en la cubierta de la semilla madura. Está cubierta consiste a veces en dos revestimientos distintos, una cubierta externa, típicamente firme, que es la testa, y otra interna, por lo general delgada y membranosa, que es el tegmen. La testa protege al contenido de la semilla de la desecación, los daños mecánicos o los ataques de hongos, bacterias e insectos, hasta que se abre en la germinación.

2.9.2. Endospermo

El endospermo es un tejido de almacenamiento de sustancias nutritivas, químicamente está constituido por diversas sustancias entre las que se destacan los carbohidratos (almidones y hemicelulosas), los lípidos y las proteínas. Estas sustancias son utilizadas por el embrión durante su germinación y posteriormente por

la plántula para sostener las primeras etapas de su crecimiento y desarrollo, hasta que esté capacitada para elaborar su propio alimento a través de la fotosíntesis.

El endospermo se origina a partir de la fusión de uno de los núcleos espermáticos contenidos en el grano de polen con uno, dos o más núcleos polares del saco embrionario. La cantidad de endospermo contenida en la semilla madura, varía notablemente de acuerdo con la especie. Las semillas no endospérmicas, carecen de endospermo en la madurez, debido a que este es consumido completamente por el embrión durante su crecimiento y desarrollo. Este tipo de semillas presentan un embrión masivo provisto de cotiledones gruesos y carnosos que por lo general llenan la cavidad seminal.

2.9.3. Embrión

El embrión es una planta en miniatura que se origina de la fusión de uno de los núcleos espermáticos, procedentes del grano de polen, con la oosfera del saco embrionario. En la semillas dicotiledóneas el embrión está constituido por un eje y las dos primeras estructuras foliares, es decir, los cotiledones.

Al eje del embrión se le conoce como hipocótilo, ya que se localiza por debajo del punto de inserción de los cotiledones, y en cuyo extremo basal se encuentra una radícula incipiente formada en su mayor parte por tejido meristemático, a partir de la cual se formara la raíz primaria de la planta. En el extremo apical del eje del embrión, justamente entre los cotiledones, se localiza una zona constituida también por tejido meristemático a partir de la cual se desarrollara el tallo de la planta.

2.10. Procesamiento de la semilla

Octebeye y Oje (1995), recomiendan que, el tratamiento de una semilla incluye la separación de las semillas de los frutos, el secado y el almacenaje, el tratamiento de la semilla garantiza el suministro de alta viabilidad y vigor, esto se consigue con la

seguridad de que las semillas verdes no se exponen a condiciones extremas de calor, frío, desecación o humedad. Además como es sabido que las semillas pierden viabilidad en el almacenaje se realizan también ensayos periódicos con la semilla a fin de conseguir que sólo se mantengan almacenadas semillas de gran calidad.

Pieter (1982), indica que, las vainas o frutos frescos se pueden extender al sol y limpiar las semillas, se pueden frotar estas con la mano sobre una malla, la cual retiene las impurezas. Como envase para semillas grandes se almacenan en sacos de lona o en cajas de hojalata. Antes del almacenamiento se debe colocar una etiqueta sobre el envase y otra dentro llevando el nombre científico de la especie, el lugar y fecha de recolección y el número de lote. Las semillas deben ser almacenadas en condiciones de baja humedad y temperatura.

2.11. Regeneración natural

Torrice *et al.* (1997), mencionan sobre la regeneración natural que este proceso no se cumple en la mayoría de los casos, quedan en pie los árboles viejos sin ejemplares jóvenes o plantines en la base. Este es el resultado de una irracional forma de explotación, falta de manejo de los bosques naturales y producto de pastoreo intensivo, quemas periódicas que irremediamente conducen a la desaparición de estos bosques o de las especies típicas.

Zamudio (1992) también indica que, la regeneración natural es muy escasa, probablemente las causas sean por dispersión de las semillas y los daños que causan a estas los coleópteros que las perforan y destruyen.

2.12. Fenología

Mariscal (1992) menciona que, la periodicidad de los elementos climáticos que conforman el medio ambiente físico: temperatura, precipitación (pp.), evapotranspiración potencial (ETP), radiación solar y evapotranspiración del cultivo (ETc) trae consigo cierto reflejo como una periodicidad análoga en la vida orgánica del ser viviente. La observación de estos períodos se denominan observaciones

fenológicas, es decir el conocimiento de los fenómenos periódicos en la vida de las plantas.

Zamudio (1992) indica que durante el ciclo vegetativo de las plantas a partir del brote hasta la maduración o caída de las hojas en las perennes, el vegetal sufre continuas exigencias con respecto a los elementos meteorológicos del estadio en que se encuentra, distinguiéndose lo que en fisiología se conoce como crecimiento y desarrollo.

2.13. Propiedades externas de la semilla

2.13.1. Pureza física

Según la Asociación Internacional para el Ensayo de Semilla (ISTA 1981), citado por Zalles (1988), menciona que la expresión semilla pura, hace referencia a la semilla de la especie de que se trate y además de las semillas maduras y sin daños, se incluyen las semillas de tamaño inferior al normal, consumidas inmaduras y germinadas, siempre que puedan identificarse claramente como potenciales especies de las que se trate y los trozos de semillas rotas cuyo tamaño es superior a la mitad original.

Álvarez y Verona (1988) mencionan que este análisis trata de averiguar el porcentaje de semilla pura (por masa) en una muestra de semilla, lo cual servirá para conocer si se trata o no de esa semilla y si se necesitara mayor o menor cantidad para una siembra dada, en conjunción con los resultados de la germinación de la fracción de semilla pura.

2.13.2. Peso de mil semillas

Moreno (1984), indica que el objetivo de esta prueba es determinar el peso de mil semillas de una muestra. Esto puede llevarse a cabo:

- En la totalidad de la semilla pura, obtenida en el análisis de pureza.
- En ocho repeticiones de cien semillas cada una, de la semilla pura.

La Asociación Internacional para el Ensayo de Semilla (ISTA 1981), citado por Zalles (1988), describe como ocho réplicas de cien semillas cada una con las que se puede calcular la desviación típica y el coeficiente de variación, así como la media; si el coeficiente de variación es inferior a cuatro, entonces se acepta la media, pero si es superior describen otras ocho replicas.

2.13.3. Contenido de humedad de la semilla

Moreno (1984), define que el contenido de humedad es la cantidad de agua que contienen las semillas, expresándose en porcentaje. Esta se puede calcular con base al peso húmedo o seco de la muestra. En investigación frecuentemente se usa el contenido con base en peso seco.

El mismo autor menciona que la humedad es el factor más importante que favorece el deterioro de las semillas, algunas semillas son cosechadas con altos contenidos de humedad que hay que reducir de inmediato mediante secado para evitar deterioros así como la proliferación de hongos e insectos en almacenamiento.

Álvarez y Verona (1988), indican que el contenido de humedad de la semilla es sumamente necesario para saber si esta fue cosechada a su tiempo, si ha sido correctamente manipulada y si puede ser almacenada sin riesgo de deterioro. Además sirve para uniformar el contenido de humedad y comparar la masa de la semilla con humedad.

2.14. Propiedades internas de la semilla

2.14.1. Viabilidad

Zalles (1988), define la viabilidad como la capacidad potencial que posee una semilla para germinar. Esta capacidad depende por un lado del estado de madurez de la semilla y por otro de su capacidad que significa tamaño, color, contenido de humedad.

Mesón y Montoya (1993), mencionan con respecto a la viabilidad y practican diversos tipos de ensayo para determinar este dato fundamental, desde los ensayos en germinadora, a las pruebas de campo o a las tinciones con productos que solamente tiñen los tejidos vivos, a veces basta con cortarlas, para conocer si está viva o no, el sabor puede ser muy ilustrativo, así como el color, a veces simplemente el aspecto interior.

2.14.2. Germinación y emergencia

Carl (1980), define la germinación a la historia de una semilla que solo queda completa cuando esta ha germinado y la plántula ha quedado establecida. Germinación es la reanudación del crecimiento del embrión y termina al aparecer la radícula al exterior de la cubierta seminal, el establecimiento ha recibido varias definiciones pero aquí entendemos por tal el periodo que empieza al final de la germinación y termina cuando la plántula se independiza del alimento acumulado en la semilla.

Gómez (1972), define a la germinación de una semilla como: “la emergencia y el desarrollo a partir del embrión, de todas aquellas estructuras esenciales, siendo indicativas de su habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables”.

Duffus y Slaughter (1985), indican que la germinación es un proceso de cambio, de una pequeña estructura inactiva viviendo con abastecimiento mínimo, a una planta que crece activamente, destinada a llegar a ser autosuficiente antes de que los materiales de reserva de la semilla se terminen.

La germinación está compuesta por dos fases:

- Inicio del metabolismo activo en el embrión, seguido rápidamente por el crecimiento y diferenciación del embrión, apoyado por la utilización de materiales de reserva embrionaria inmediata.
- Crecimiento continuo del embrión, apoyado por el flujo de productos de la hidrólisis de los cotiledones o reserva alimenticia extraembrionaria tal como el endospermo, esta fase continua hasta que la planta se establece como un organismo fotosintético o muere por haberse terminado la reserva alimenticia.

Fernández y Almora (1989) describen a la germinación como el fenómeno por el cual una semilla ubicada en condiciones favorables, es capaz de dar a partir de su embrión una postura.

Zalles (1988), indica que para un ensayo de germinación de un lote de semillas se toman 400 semillas, para efectuar repeticiones según el tamaño se organizan 4 grupos de 100 y 8 grupos de 50 y 16 grupos de 25 semillas.

Lamprecht (1990), menciona que la germinación de *Cupressus* se produce en un lapso de 35 días y que durante las primeras semanas las plántulas no deben ser expuestas a insolación extrema.

2.14.3. Energía germinativa

Maldonado (1988), señala que cuando se siembra una cantidad dada de grano no todos ellos son fértiles, variando de una especie a otra el tanto por ciento normal de semillas útiles. A esta facultad que como se decía antes es específica, se le llama vulgarmente energía germinativa. La propiedad germinativa es decir el tiempo

durante el cual las semillas conservan la facultad de reproducir la especie varía también dentro de límites extensos, en el caso de la acacia de dos a tres años.

Ramos (1990), indica que la energía germinativa, se refiere al porcentaje de semilla en la muestra que han germinado durante una prueba hasta el momento en que la cantidad de semilla que germina por día a llegado a su máximo, se entiende también como la rapidez de germinación de un periodo fijo el cual se denomina periodo energético.

William (1991), menciona a Foro y Robertson, (1977), los cuales definen que la energía germinativa (1) como el porcentaje, en número, de semillas de una muestra determinada que germinan dentro de un período determinado (que se denomina el período de energía) por ejemplo en siete o catorce días, en optimas o determinadas condiciones (2), el porcentaje en número de semillas de una muestra determinada que germinan hasta llegar el momento de germinación máxima, que generalmente significa el número máximo de germinación en 24 horas.

2.14.4. Valor de germinación

Lamprecht (1990), Menciona que mediante el almacenamiento en seco es posible mantener durante un año una capacidad germinativa de aproximadamente 75 %. Si la semilla se almacena a 4 °C su viabilidad se mantiene por varios años.

Czabator (1962), citado por William (1991), conceptúa al valor de germinación como aquel que tiene por finalidad combinar en una sola expresión de la germinación total al término del periodo de ensayo y una expresión de la energía o velocidad de la germinación; la germinación total se expresa en forma de germinación diaria media (final), que se calcula como el porcentaje acumulado de días que transcurren desde la siembra hasta el término del ensayo. La velocidad de germinación se expresa en forma de valor máximo que es la germinación diaria media (porcentaje acumulado de germinación de semilla llena dividido por el número de días transcurridos desde la fecha de siembra) que se alcanza en cualquier momento del período de ensayo.

2.14.5. Período de energía

Según ISTA (1981), es el número de días transcurridos desde la siembra hasta el día que se llega a la máxima germinación de un lote de semillas en determinadas condiciones.

2.14.6. Sanidad de la semilla

William (1991), indica que la manipulación deficiente en el bosque, durante el tránsito o durante el procesamiento deteriora fisiológicamente las semillas aun cuando no existan daños mecánicos ni por hongos. No obstante, es necesario evitar recolectar cosechas que presenten una alta incidencia de ataques de hongos o insectos y efectuar todas las operaciones de recolección, transporte, procesamiento, etc., con la mayor rapidez posible a fin de asegurar que la semilla no resulte ya dañada antes de iniciar el almacenamiento.

Ramos (1990), menciona que antes de almacenar las semillas deben desinfectarse tanto el local donde se van aguardar, como ellas mismas. Las semillas son muy susceptibles al ataque de gorgojos ya sea directamente o a través de los frutos, creando problemas muy serios en los viveros. Cuando estos ataques ocurren temprano antes de la madurez las pérdidas pueden ser inevitables.

2.15. El proceso de la germinación

Hartmann y Kester (1997), mencionan que, el proceso de germinación puede dividirse en varias etapas consecutivas separadas pero que se empalman, que a continuación se describen:

2.15.1. Imbibición

Imbibición de agua; la semilla seca absorbe agua y el contenido de humedad al principio se incrementa con rapidez, luego se estabiliza. La absorción inicial implica la imbibición de agua por coloides de la semilla seca, que suaviza las cubiertas de la misma e hidrata el protoplasma. La semilla se hincha y es posible que se rompan las cubiertas. La imbibición es un fenómeno físico y puede efectuarse aún en semillas muertas.

Síntesis de enzimas; la actividad de las enzimas empieza muy rápidamente después del inicio de la germinación, a medida que se hidrata la semilla. La activación resulta en parte de la reactivación de las enzimas previamente almacenadas que se forman durante el desarrollo del embrión y en parte de la síntesis de nuevas enzimas al comenzar la germinación.

Elongación de las células y emergencia de la radícula; el primer signo visible de germinación es la emergencia de la radícula, la cual resulta de la elongación de las células más bien que de división celular. En una semilla no latente, la emergencia de la radícula puede ocurrir en unas cuantas horas o en varios días después de la siembra.

2.15.2. Digestión y translocación

En el endospermo, los cotiledones, el perispermo, o en el gametofito femenino (coníferas) se almacenan grasas, proteínas y carbohidratos. Estos compuestos son digeridos a sustancias más simples, que son translocadas a los puntos de crecimiento del eje embrionario.

Los patrones metabólicos de semillas de diferentes especies difieren con el tipo de reservas químicas de la semilla. Las grasas y los aceites, los principales constituyentes alimenticios de la mayoría de las plantas superiores, son convertidos

enzimáticamente a ácidos grasos y al final de azúcares. Las proteínas almacenadas, presentes en la mayoría de las semillas, son una fuente de aminoácidos y de nitrógeno esencial para la plántula en crecimiento.

2.15.3. Crecimiento de la plántula

En la tercera etapa, el desarrollo de la plántula resulta de la división celular continuada en puntos de crecimiento separados del eje embrionario, seguido por la expansión de las estructuras de la plántula. La iniciación de la división celular en los puntos de crecimiento es indispensable de la iniciación de la elongación celular.

A medida que avanza la geminación, pronto se vuelven evidentes las estructuras de la plántula. El embrión consiste en un eje que genera la formación de una o más hojas seminales o cotiledones. El punto de crecimiento de la raíz, la radícula, emerge de la base del eje embrionario. El punto de crecimiento del tallo, la plúmula, se encuentra en el extremo superior del eje embrionario, arriba de los cotiledones. El tallo de la plántula se divide en la sección que está debajo de los cotiledones del hipocótilo y la sección que está arriba de los cotiledones el epicótilo.

El crecimiento inicial de la plántula sigue uno de los patrones. En un tipo, de germinación epigea, el hipocótilo se alarga y eleva los cotiledones arriba de la superficie del suelo y solo emerge el epicótilo.

2.16. Factores ambientales que afectan la germinación

2.16.1. Agua

Hartmann y Kester (1997), indican que, el contenido de agua es un factor muy importante en el control de la germinación de la semilla. Con menos del 40 ó 60 % de agua en la semilla (con base en peso fresco), no se efectúa la germinación. Una curva de absorción de agua por semillas secas tiene tres partes: a) una absorción

inicial rápida, que en su mayor parte es de Inbibición, b) un periodo lento y c) un segundo incremento rápido a medida que emerge la radícula y se desarrolla la plántula.

RENASER, UMSS-COSUDE (1997), toman en cuenta también los siguientes factores:

2.16.2. Temperatura

La temperatura es uno de los principales y más influyentes factores de la germinación, se han reportados rangos mínimos por encima de 0°C, óptimos entre 25 y 31°C, máximos de 40-50°C. El factor desencadenante es la variación de la temperatura, por debajo o por encima de estos límites puede ocurrir la muerte de la semilla.

Los mismos autores indican que, cuando las semillas son sometidas a temperaturas constantes se presentan modificaciones en la estructura de las capas lipídicas, si la temperatura se eleva de 30 a 35° C., se aumenta el flujo de aminoácidos durante la germinación. Asimismo las enzimas tienen un óptimo de temperatura para su actividad metabólica, la influencia de los niveles o cambios de temperatura influyen decididamente presentando alteraciones metabólicas. La germinación es muy sensible a la variación de la temperatura en unos pocos grados, lo cual se ha verificado a través de múltiples pruebas de germinación. Algunas especies necesitan alternancia de la temperatura para inducir la germinación.

2.16.3. Oxígeno

El oxígeno es necesario como sustrato en las reacciones metabólicas importantes de la semilla, especialmente la respiración. Aunque en los primeros estadios de la germinación los procesos (antes de que la radícula rompa el tegumento, las reacciones son de carácter anaeróbico), posteriormente el proceso se hace

totalmente dependiente del oxígeno. La disponibilidad de oxígeno también se afecta por otros factores como la temperatura, el grado de humedad, concentración de CO₂, dormancia y algunos hongos y bacterias.

2.16.4. Luz

La sensibilidad de las semillas a la luz es bastante variable de acuerdo a la especie. Algunas semillas se estimulan positivamente por la luz y otras negativamente. La respuesta de las semillas a la luz, está ligada a una cromoproteína denominada fitocromo, pigmento responsable censor de señales del medio ambiente y fotorregulador, ya que capta, traduce y amplifica la información, actuando solo en semillas hidratadas aunque está presente en semillas secas.

La luz activa el fitocromo y este a su vez favorece la producción de giberelina estimulante de la germinación. La necesidad de luz en las semillas se reduce a medida que se acerca al nivel óptimo de la germinación. Las semillas son sensibles a la calidad, cantidad, dirección y duración de la luz.

2.17. Clases de germinación

Rodríguez (1985), menciona que el proceso de germinación no es uniforme en todas las semillas, existen dos tipos de germinación: germinación epigea e hipogea. Al mismo tiempo hay diferencias entre la germinación de semillas monocotiledóneas y dicotiledóneas, como la familia de las verbenaceae representa a las plantas dicotiledóneas.

Willan (1991), menciona las diferentes clases de germinación:

2.17.1. Germinación epigea

En la germinación epigea, tras la sujeción de la planta joven por la radícula se produce un rápido alargamiento del hipocótilo, que se arquea hacia arriba por encima de la superficie del suelo y después se endereza; al mismo tiempo, se hacen visibles los cotiledones y la plúmula, a los que puede estar todavía unida o no la cubierta seminal.

Después la plúmula se convierte en el tallo primario y las hojas fotosintéticas. Tras la germinación epigea los cotiledones tienen una función de almacenamiento de nutrientes, desempeñando también una valiosa función de fotosíntesis durante las primeras fases de crecimiento del germen.

2.17.2. Germinación hipogea

En la germinación hipogea, los cotiledones permanecen in situ enterrados o sobre el suelo mientras se produce el alargamiento de la plúmula. En la germinación hipogea los cotiledones tienen únicamente una función de almacenamiento de nutrientes

2.18. Fisiología de la semilla

2.18.1. Madurez fisiológica

Se entiende por madurez fisiológica a la serie de cambios morfológicos y funcionales que ocurren en las semillas desde el momento de la fertilización (fecundación), hasta el momento cuando están listas para ser cosechadas (Bernal 1980, citado por Cosme, 2002).

Delouche (1964), cita los principales cambios que ocurren en la semilla a medida que maduran:

- El contenido de humedad decrece.
- El tamaño de la semilla aumenta hasta en máximo, luego decrece levemente.
- En el momento que la semilla alcanza su máximo peso seco, llega a la madurez fisiológica.
- El vigor de las plántulas aumenta hasta alcanzar un máximo hasta el momento que el peso seco también es máximo, o sea cuando se alcanza la madurez fisiológica.

2.18.2. Fisiología Post-cosecha

Bernal (1980), citado por Cosme (2002), señala que, la maduración de la semilla y su germinación son eventos que generalmente están separados en el tiempo y en el espacio. Las semillas son resistentes a condiciones extremas cuando se encuentran en estado de desecación. En estas condiciones, las semillas retienen su poder de germinación por períodos relativamente largos de tiempo.

2.19. Latencia física de la semilla

Goitia (2003), señala que, la latencia física corresponde a una condición morfológica, que impide la germinación de la semillas, normalmente se relaciona con la conformación de la cubierta, manifestándose en ocasiones tan dura, que no permite el desarrollo del embrión, o bien tiene una condición restrictiva impermeable al paso de la humedad y los gases, indispensables para el inicio de la germinación.

Willan (1991), menciona que, la latencia natural presenta algunas ventajas. No sólo mejora las posibilidades de supervivencia de las semillas a unas condiciones temporalmente inadecuadas, como las que pueden darse durante el período que transcurre entre su recolección y su almacenamiento, por otro lado desventajoso

porque enseguida se convertirá en condiciones demasiado duras para la supervivencia del delicado y joven germen.

2.19.1. Tipos de latencia en las semillas

Hartmann y Kester (1997), detallan los tipos de latencias:

f) Latencia por la cubierta de las semillas o exógena

- Latencia física. Característica de un gran número de especies de plantas, en las cuales la testa o secciones endurecidas de otras cubiertas de la semilla son impermeables. El embrión está quiescente, pero se encuentra encerrado dentro de una cubierta impermeable que puede preservar las semillas con bajo contenido de humedad durante varios años, aún con temperaturas elevadas.
- Latencia mecánica. En ésta categoría las cubiertas de las semillas son demasiado duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación. Probablemente éste factor no es la única causa de la latencia, ya en la mayoría de los casos se combina con otros tipos para retardar la germinación.
- Latencia química. Corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas.

g) Latencia morfológica o endógena

Se presenta en aquellas familias de plantas, cuyas semillas, de manera característica en el embrión, no se han desarrollado por completo en la época de maduración. Como regla general, el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas, pero la respuesta puede ser complicada por la presencia de otros mecanismos de letargo. Dentro de ésta categoría hay dos grupos:

- Embriones rudimentarios. Se presenta en semillas cuyo embrión es apenas algo más que un proembrión embebido en un endosperma, al momento de la maduración del fruto. También en el endosperma existen inhibidores químicos de la germinación, que se vuelven en particular activos con altas temperaturas.
- Embriones no desarrollados. Algunas semillas, en la madurez del fruto tienen embriones poco desarrollados, con forma de torpedos, que pueden alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla. El crecimiento posterior del embrión se efectúa antes de la germinación.

h) Latencia Interna

En muchas especies la latencia es controlada internamente en el interior de los tejidos. En el control interno de la germinación están implicados dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas, y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo.

- Fisiológica. Corresponde a aquella en que la germinación es impedida por un mecanismo fisiológico inhibidor.
- Interno intermedio. Esta latencia es inducida principalmente por las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante. Este es característico de las coníferas.
- Del embrión. Se caracteriza principalmente porque para llegar a la germinación se requiere un período de enfriamiento en húmedo y por la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad.

i) Latencia combinada morfofisiológica

Consiste en la combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismos fisiológicos inhibidores fuertes.

j) Latencia combinada exógena – endógena

Se denomina así a las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena. El Centro de Semillas en su etiqueta de venta detalla información acerca del lote, como procedencia, fecha de colecta, número de semillas por kilogramo, pureza (%), contenido de humedad (%), capacidad germinativa (%), y tratamiento. Este último indica de que manera terminar con la latencia de la semilla si es que existe.

2.20. Tratamientos para superar el letargo de las semillas

2.20.1. Tratamientos pre-germinativos

Padilla *et al.* (1983), mencionan que, los tratamientos para eliminar la latencia son: estratificación, escarificación, lixiviación, combinaciones de tratamientos, hormonas y otros tipos de estimulantes químicos.

Patiño *et al.* (1983), también explican que para terminar con la latencia, algunas semillas necesitan estar húmedas y a bajas temperaturas por un largo periodo de tiempo, estas condiciones se podrían cumplir en lugares donde cae nieve en invierno. En zonas áridas en ciertas especies, las semillas solo germinan si se presenta una lluvia lo suficientemente abundante para asegura el establecimiento de las plántulas. Otras especies requieren de iluminación para germinar, evitando así que el proceso se desarrolle cuando las semillas están enterradas profundamente o son sombreadas por otras plantas.

Villanueva (1995), explica que lo que se pretende alcanzar con la aplicación de tratamientos pre- germinativos a las semillas es ablandar la testa y permitir de este modo la penetración de agua y el intercambio de gases responsables para la germinación, por lo tanto los tratamientos pre- germinativos tienen por objeto:

- Quebrar la dormancia o latencia.
- Acelerar la germinación.
- Homogeneizar la germinación.
- Aumentar el porcentaje de germinación.

Es claro que la aplicación de tratamientos pre- germinativos por cualquiera que los practique es más o menos similar, lo que varía son los tiempos e insumos utilizados, esta situación será un tanto difícil de uniformizar, primero porque generalmente se utilizan los recursos y medios existentes en el lugar y lo más importante, los factores ambientales son particulares en cada situación, lo cual tienen su incidencia.

Sandoval (1997), indica que, las semillas deben sumergirse en agua a temperatura normal por un periodo de 24 a 46 horas, algunas especies quizás requieran más tiempo. Se debe cambiar el agua a diario.

Sandoval (1997), agrega también que el proceso de estratificación consiste en preparar la semilla en un sustrato húmedo por un lapso de tiempo determinado hasta que la testa ablande y el embrión empiece a hincharse. El sustrato puede ser arena pura, una mezcla de arena de 50% arena y 50% tierra negra, aserrín o musgo, y que la estratificación puede ser de dos maneras. Estratificación a temperatura ambiente y estratificación en frío.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

La presente investigación se realizó en los predios del campus de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), en la zona de Cota Cota, provincia Murillo del Departamento de La Paz.

Foto 1. Estación experimental de Cota Cata



Fuente: Google earth

IGM (1998) citado por Guzman (2000), mencionan que la zona de estudio se encuentra localizada a 15 km del centro de la ciudad de La Paz y que los parámetros de ubicación geográfica son; Latitud $16^{\circ}32'00''$ Sur, Longitud $68^{\circ}00'00''$ Oeste, y una altitud que varía entre 3 500 a 3 600 msnm.

3.2. Descripción agroecológica de la zona

De acuerdo a CUMAT – COTESU (1985), la descripción agroecológica de la zona de Cota Cota toma las siguientes características:

3.2.1. Ecología

La zona de vida de la región presenta un patrón de distribución paralelo al valle de río, zona de vida de bosque cálido ocupándose y extendiéndose por las colinas circundantes hasta una altura de 3,500 msnm aproximadamente, se encuentra en la zona sur de la ciudad de La Paz, cabecera de valle con topografía accidental y suelos aluviales.

3.2.2. Clima

La situación latitudinal y longitudinal determina que la zona presenta condiciones agroclimáticas de cabecera de valle, con una temperatura máxima de 21.5 °C con una temperatura mínima de -0.06 °C y una temperatura media de 11.5 °C y el promedio de precipitación pluvial es de 488.55 mm por año

3.2.3 Vegetación

El área de la estación presenta las siguientes especies; acacia negra (*Acacia melanoxylon*), acacia floribunda (*Acacia retinoides*), aroma (*Acacia de albata*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), retama (*Spartium junceum*), queñua (*Polilepis incana*), ligustros, chilca (*Baccharis sp.*) y cultivos agrícolas (Guzmán, 2000).

3.3 Material experimental

3.3.1. Material biológico

Se utilizó 1 kg de semilla de acacia (*Acacia melanoxylon*), recolectadas en zona de Cota Cota de la ciudad de La Paz.

Foto 2. Colecta de semillas *Acacia melanoxylon* R. Br.



Fuente: Ibi Gironda (2013)

3.3.2. Material de campo

- Tierra del lugar
- Arena fina
- Turba
- Pala
- Picota
- Rastrillo
- Cernidor
- Mochila fumigadora
- Carretilla
- Regaderas
- Cinta métrica
- Malla semisombra

3.3.3. Insumos

- Bolsas de polietileno
- Formol al 40%

3.3.4. Material de laboratorio

- Balanza de precisión
- Microscopio
- Agua destilada
- Vernier

3.3.5. Material de escritorio

- Computadora y accesorios
- Cámara fotográfica
- Calculadora
- Planilla de registros
- Regla de medición

3.4 Métodos

3.4.1. Preparación de la almaciguera

Para este propósito se dispuso un espacio experimental de estudio en uno de los viveros forestales de la estación experimental de Cota Cota cubierto con malla zaranda a una altura de 1.50 m. sobre la superficie del suelo.

Foto 3. Preparación de la almaciguera



Fuente: Ibi Gironda (2013)

Para la utilización de este espacio se tuvo que realizar la limpieza total del área, ya que se encontró algunas malezas y plantas de anteriores estudios. Una vez hecho esto se procedió a su acondicionamiento, con una orientación recomendada para prevenir que los rayos solares no produzcan quemaduras en las tiernas hojas.

Foto 4. Limpieza del terreno



Fuente: Ibi Gironda (2013)

Entre las actividades relacionadas se tomaron en cuenta: preparación inicial del terreno (eliminación de la vegetación, nivelación del terreno, sitio plano con 2 a 3 % de pendiente), para luego usando estacas, lienza y un flexómetro con nivel, se trazaron una almaciguera de 5 m², es decir con una longitud de 5 m por un ancho de 1 m.

3.4.2 Tratamiento y preparación del sustrato de las almacigueras

Terminando de reconstruir las almacigueras (unidades experimentales), primeramente se procedió al vaciado de sustrato a las unidades experimentales, para posteriormente someterlas bajo un riego arduo de desinfección de una combinación de formol (1 lt de formol al 40% en 20 lt de agua), para que este químico cumpla su efecto sobre el sustrato se procedió completamente a cubrir las con una bolsa plástica manteniéndolas así durante 4 días (evitando la volatilización de los gases), transcurridos ese tiempo se mantuvo también otras 1 día descubierto para su venteado, técnica preventiva de enfermedades fungosas, patógenos y plagas.

Una vez ya concluidas las almacigueras (parcela experimental), se procedió a su división para luego de forma aleatoria distribuir los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Foto 5. Preparación del sustrato



Fuente: Ibi Gironda (2013)

Foto 6. Desinfección del sustrato



Fuente: Ibi Gironda (2013)

3.4.3. Siembra del experimento

Una vez ya concluida la aplicación de la técnica pre-germinativa en las semillas, así como también ya hecha la desinfección de sustrato, y distribuidas de forma aleatoria los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones, se procedió a la siembra en fecha 9 de septiembre de 2013, almacigando 101 semillas en un tratamiento y 72 semillas en el otro tratamiento, es decir 173 semillas para todo el experimento. Cabe recordar que la siembra de las semillas se hizo de forma directa tomando en cuenta una profundidad de 2 veces el tamaño de la semilla, aproximadamente 2 milímetros, al respecto en la práctica se siembran los frutos (Perez y Barrosa, 1993).

Foto 7. Siembra de la *Acacia melanoxylon* R. Br.



Fuente: Ibi Gironda (2013)

Inmediatamente después de la siembra, se procedió a un riego ligero, para que de esa manera las semillas encuentren las condiciones adecuadas para su germinación y posterior emergencia de las plántulas.

3.4.4. Labores culturales

3.4.4.1 Riego

La frecuencia de riego a las almacigueras se ajustó a las condiciones locales de la zona, la siembra se produjo en el mes de septiembre (inicio de época húmeda), pero con algunas irregularidades de fuertes precipitaciones de lluvias discontinuas. El riego se efectuó dos veces por semana, tomando en cuenta la necesidad del cultivo (en humedad de suelo).

Foto 8. Riego de las unidades experimentales



Fuente: Ibi Girona (2013)

3.4.4.2 Deshierbes

En las almacigueras el problema de competencia de las malezas es generalmente fuertemente agresiva para las plántulas, su eliminación desde el momento de la emergencia de las plántulas de acacia es más aconsejable, lo cual se considera una de las actividades más importantes dentro de los cuidados en el almacigo, esta labor se realizó 1 vez por semana de forma manual.

Foto 9. Deshierbe de las unidades experimentales



Fuente: Ibi Gironda (2013)

3.4.4.3 Control de enfermedades y plagas

Debido a la previa desinfección de sustrato antes de la siembra, no se produjo ningún problema de importancia económica en cuanto a enfermedades y plagas.

3.4.5. Diseño Experimental

Para la evaluación y análisis de datos registrados durante el experimento de este estudio de investigación, fue planteado el diseño experimental DBA con arreglo bifactorial. Hurtado y Merino (1994), recomienda este diseño experimental por tratarse de un estudio a campo abierto, en el diseño correspondiente se asignó 6 tratamientos, con tres repeticiones, teniendo un total de 18 unidades experimentales.

Por otro lado Rodríguez del Ángel (1992), menciona que en la investigación agrícola se planea la aplicación de factoriales, a un grupo de unidades experimentales, con el fin de observar los efectos simples y la respuesta a la interacción.

3.4.5.1. Modelo Lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto del i-ésimo nivel del factor A, con el j-ésimo nivel del factor B

(interacción AxB)

ε_{ijk} = Error experimental de la parcela menor (Eb)

3.4.5.2. Factores de Estudio

Factor A (densidad de siembra)

a1: siembra a una densidad de 266 semillas/m²

a2: siembra a una densidad de 400 semillas/m²

Factor B (luz)

b1: 100 por ciento de luz

b2: 50 por ciento de luz

b3: 30 por ciento de luz

3.4.5.3. Tratamientos

Los tratamientos aplicados y evaluados son descritos en el siguiente cuadro 1:

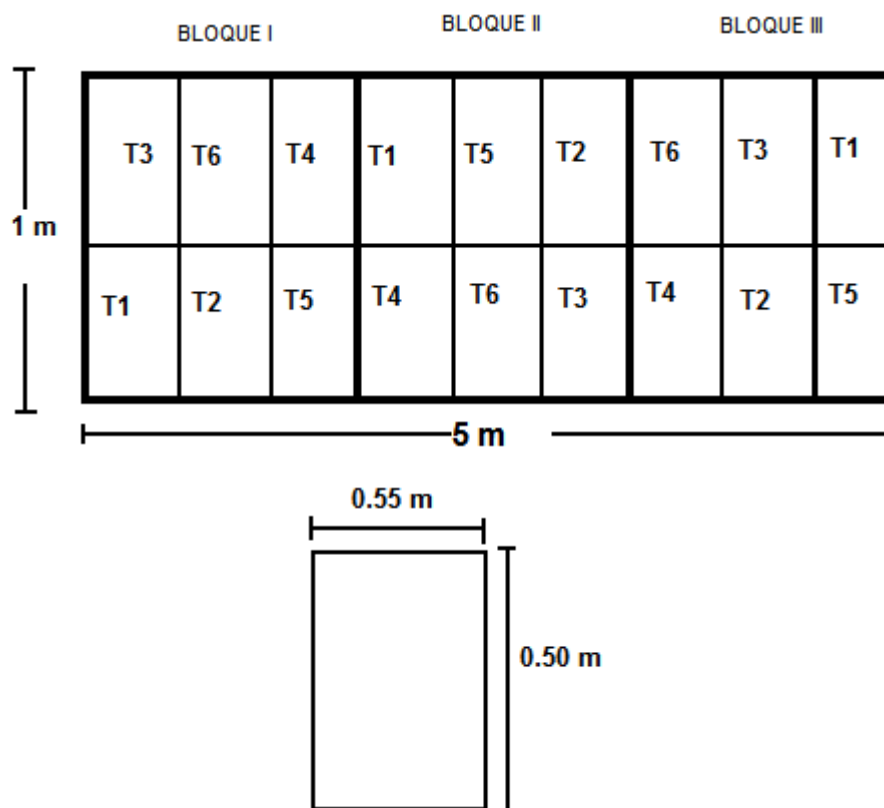
Cuadro 2: Descripción de los tratamientos

Nº Tratamiento	Descripción
T1	Siembra a una densidad de 266 semillas/m ² + 100 por ciento de luz
T2	Siembra a una densidad de 266semillas/m ² + 50 por ciento de luz
T3	Siembra a una densidad de 266semillas/m ² + 30 por ciento de luz
T4	Siembra a una densidad de 400semillas/m ² + 100 por ciento de luz
T5	Siembra a una densidad de 400semillas/m ² + 50 por ciento de luz
T6	Siembra a una densidad de 400semillas/m ² + 30 por ciento de luz

3.4.6. Dimensiones del campo experimental

Superficie total del experimento	5 m ²
Superficie de los bloques	1.6 m ²
Superficie de las unidades experimentales	0.273 m ²
Número de tratamientos	6
Número de repeticiones	3

3.4.7. Croquis Experimental



3.5. Variables de laboratorio

Los datos de las variables de respuesta: porcentaje de germinación, pureza física, peso de semillas en un kilogramo y humedad de la semilla fueron analizadas a través de la estadística descriptiva.

3.5.1. Determinación del porcentaje de germinación

Siguiendo las normas establecidas por el ISTA, en la realización de esta prueba se utilizaron 8 réplicas de 50 semillas en cada una, teniendo un total de 400 semillas que hacen el total de los dos tratamientos aplicados.

Para el cálculo del porcentaje de germinación se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$\%G = \frac{N^{\circ} SG}{N^{\circ} totalSE} * 100$$

Dónde: N° SG = Numero de semillas germinadas en n días

N°_{total} SE = Número total de semillas ensayadas

3.5.2. Determinación de pureza física en laboratorio

Para la realización de esta prueba se tomó el peso de un kilo de semillas en la balanza electrónica, haciendo dos replicas, con la siguiente formula:

$$\% pureza = \frac{PSP}{PTM} * 100$$

Dónde:

PSP = Peso de semilla pura;

PTM = Peso total de la muestra original

Esta prueba fue realizada para determinar el contenido de semilla pura y el contenido de otras partículas o material distinto de las semillas en un kilo de muestra.

3.5.3. Determinación del número de semillas en un kilogramo de peso en laboratorio

Para obtener el número de semillas en un kilogramo de peso se tomaron muestras de 100 semillas puras en 4 repeticiones, luego en cada repetición se calcula el peso de las 100 semillas puras, rechazando las semillas defectuosas.

Con este resultado se calculó la desviación típica y el coeficiente de desviación para asegurar que los datos son confiables.

Según el ISTA se da como margen de seguridad hasta 4.0 %, mayor a este resultado se debe repetir la prueba. La relación matemática es la siguiente:

$$N^{\circ} \text{ semillas} = \frac{1.000\text{semillas}}{Pt1.000\text{semillas}} * 100$$

Dónde: Pt = peso en gramos de 1.000 semillas

3.5.4. Humedad de la semilla en laboratorio

William (1991), recomienda el método que consiste en el secado de la semilla en estufa durante dos horas a 130 grados centígrados, tomando en cuenta dos réplicas. Al término del periodo, se colocan las semillas en una placa para que enfríen durante 30 a 40 minutos.

La relación matemática es la siguiente:

$$\% \text{ contenido de humedad} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso seco}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

3.6. Variables de campo

Las variables de campo: emergencia de plántulas, altura de planta, numero de hojas, diámetro de cuello de raíz y altura de la raíz, fueron analizados utilizando el DBA con arreglo bifactorial y su respectivo análisis de varianza y para la comparación de todas las medias entre si, se utilizó las pruebas de significancia conocidos como Prueba de rango múltiple de Duncan a un nivel de confianza del 95% (Padrón, 1996)

3.6.1. Emergencia de las plántulas en días en campo

Se realizó el seguimiento desde la siembra hasta el momento en que más del 50% de las plántulas de un ensayo emerjan a la superficie, haciendo un registro cada 15 días en planillas para su posterior análisis.

3.6.2. Altura de la planta en campo

Para la determinación de esta variable se realizó un muestreo de 10 plántulas por cada tratamiento durante 90 días, tomado en cuenta un parámetro evaluativo de 15 días viendo que la emergencia de la plántulas no fue tan representativa en el momento de la toma de datos, a las cuales se midieron sus alturas desde el cuello hasta la parte más alta de la planta (hojas), haciendo uso de una regla milimétrica, posteriormente se realizó el Análisis de Varianza.

3.6.3. Determinación de número de hojas en campo

Para la determinación de esta variable se realizó una muestra de 10 plántulas por cada tratamiento, con una duración de 90 días, usando como parámetro evaluativo 15 días, a las cuales se hizo un conteo de número de hojas, posteriormente se realizó un análisis de varianza para los datos tomados.

3.6.4. Determinación del diámetro al cuello de la raíz en campo

Se realizó la determinación del diámetro del cuello de la raíz de las plantas seleccionadas, con la ayuda de un vernier y se controló quincenalmente tomando datos desde la aparición de los cotiledones hasta el final de la investigación.

3.6.5. Altura de la raíz en campo

Para la toma de datos de longitud de raíz, se realizó un muestreo de 4 plántulas por cada tratamiento durante los 90 días de evaluación de campo, tomando un parámetro evaluativo de 10 días. Este procedimiento consistió en medir las longitudes de la raíz desde el cuello hasta la punta de la raíz (cofia), haciendo uso de una regla. Posteriormente se realizó el análisis de varianza.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción morfológica de la fuente de semillas

Las fuentes de semillas pertenecientes al área forestal de la estación experimental de Cota-cota presentaron las siguientes características:

Altura promedio del árbol de 9 m y un diámetro altura pecho (DAP) de 64 cm, de flores hermafroditas que florecen durante todo el año, de hojas opuestas enteras, de color verde claro, con frutos en forma de vaina y en su interior se encuentran de 4 a 10 semillas con un peso promedio de 0.01 gr., de diámetro ecuatorial promedio de 3 mm; una raíz principal con presencia de rizobium que nitrifica el suelo, de tallo erecto y cilíndrico. También cabe recalcar que los árboles que fueron objeto de recolección de las semillas tiene una edad aproximada de 10 años, son plantas jóvenes y aun no se encuentran en su máxima producción de semillas. Además las mismas se encuentran en un clímax donde existe mucha vegetación.

4.2. Indicadores de respuesta

4.2.1. Pureza física determinada en laboratorio

De acuerdo a las normas del ISTA (1981), que establecen que se debe tomar 1000 gr de un lote de semillas, y además de las semillas maduras y sin daños se incluyen semillas del tamaño menor al normal, consumidas, inmaduras y germinadas siempre y cuando pertenezcan a la especie de que se trate y los trozas de semilla rotas cuyo tamaño es superior a la mitad del original, los resultados de esta prueba fueron dos componentes en el lote de semilla muestreado: Semilla pura de *Acacia melanoxyton* y material proveniente de restos de semilla, hojas y frutos. Las dos replicas realizadas se presentan los siguientes datos en el cuadro:

Cuadro 3. Pureza física de la semilla

Repeticiones	Peso de semillas con Impurezas (g)	Peso de semillas limpias (g)	Pureza (%)
1	1	0.74	74
2	1	0.77	77
3	1	0.82	82
4	1	0.79	79
Total		312	312
Promedio		0.78	78

Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

Los resultados obtenidos en las dos replicas tiene como promedio 78 % de pureza física, lo que demuestra que se tiene un porcentaje apreciable de impurezas (22 % material inerte).

Besnier, 2007 señala la pureza física está referida a la composición en el peso de las semillas que conforman el lote, en la que se toma en cuenta factores como: presencia de impurezas o semillas extrañas, presencia de daños mecánicos en las semillas, semillas atacadas por problemas fitosanitarios, color, tamaño, olor y otros más.

4.2.2. Determinación del número de semilla en un kilogramo de peso en laboratorio

La información de esta variable es muy importante para la calidad de las semillas, para el cálculo de la densidad de siembra se evaluó 4 muestras, ISTA (1981)

En el cuadro, se observa los resultados en la muestra para determinar la cantidad de semillas por kilogramo de la especie *Acacia melanoxylon*.

Cuadro 4. Peso de 100 semillas de *Acacia melanoxylon*.

Numero de replicas	1	2	3	4
Nº de semillas en 1 kg	72000	71000	77000	75000

Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

El promedio de semillas por kilogramos es de 74.000 semillas existen autores como Zeballos (2000), que mencionan que el número de semillas aproximadas en un kilogramo es de 39.000 a 55.000 semillas.

4.2.3. Contenido de Humedad en laboratorio

En el análisis del contenido de humedad de la semilla se utilizó el método de secado en estufa modificado durante dos horas a 70 °C, indicado por la ISTA (1981), mencionado por William (1991), como se muestra en el cuadro 5, las dos replicas dieron los siguientes resultados:

Cuadro 5. Contenido de humedad.

Repeticiones	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)
1	0.50	0.49	1
2	0.50	0.48	2
Total			3
Promedio			1.5

Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

El contenido de humedad promedio obtenido de las dos muestras es de 1.5 %, los resultados obtenidos fueron debido a que las semillas se encontraba debidamente almacenadas ya que estas debe pasar por un proceso de secado para evitar la proliferación de algún patógeno. Por su parte Goitia 2013, considera que la humedad de las semillas es relativamente dependiente del manejo, de la zona de recolección y otros factores. Por lo que se recomienda secar las semillas en superficies aireadas, sin dejar que los arroya solares lleguen de forma directa a las semillas para su mejor almacenamiento.

Azcon J. et. al. (1996), dan a conocer que la entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a una diferencia de potencial hídrico entre la semillas y el medio que le rodea. En condiciones normales, este potencial hídrico es menor en las semillas secas que en el medio exterior. Por ello, hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal; siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico. Aunque es necesaria

el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso de la misma actuaría desfavorablemente para la germinación.

4.2.4. Germinación en laboratorio

El tratamiento pregerminativo utilizado para este indicador de respuesta fue el remojo en agua por 24 horas. Por otro lado mencionar que solo se realizó una sola réplica, en el cuadro siguiente se muestra los resultados obtenidos.

Cuadro 6. Porcentaje de germinación

Indicadores de respuesta	Remojo en agua 24 horas
% de Germinación	85.25
% max. diario X de Germ.	8.23
Periodo de energía	10 días

Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

Como se puede observar se tuvo un 85.25% de germinación, la germinación máxima promedio día de 8.23% y en un período de energía de 10 días. Es importante mencionar que el porcentaje de germinación es alto porque se trabajó en un ambiente controlado (Laboratorio).

4.2.5. Determinación de la viabilidad

Esta prueba se refiere a la cantidad de semillas viables de un lote determinado y se define como el período de vida de la semilla durante el cual estas tienen la posibilidad de germinar. Se probaron 200 semillas divididas en 8 réplicas de 25 semillas cada una. Los resultados se muestran en el cuadro.

Cuadro 7. Determinación de la viabilidad

Replica	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Nº semilla viable	16	15	25	25	25	21	23	25	175
% semilla viable	64	60	100	100	100	84	92	100	87.5
Nº semilla no viable	9	10	0	0	0	4	2	0	25
% semilla no viable	36	40	0	0	0	16	8	0	100

Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

La prueba con tinción del embrión con sal de tetrazolio a un color rojo púrpura se dio en 175 semillas que hacen un total de 87.5 % de viabilidad. El resto de las semillas entre las que se considera a las deformes e inmaduras y que no registraron ninguna tinción fueron 25, que representan a un 12.5 % de semillas no viables. De acuerdo a los resultados obtenidos con esta prueba, en comparación con lo indicado en el Catálogo de Semillas 2001 del Centro de Semillas Forestales tienen una buena viabilidad.

4.3. Variables de evolución de campo

4.3.1. Germinación y emergencia

Para la determinación de la germinación en campo se realizó un conteo de número de semillas germinadas para cada tratamiento, seguidamente para poder distinguir los efectos de los tratamientos se realizó el respectivo análisis de varianza.

Cuadro 8. Análisis de varianza de germinación

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Porcentaje	2	2234.83	1117.41	487.95	3.98*
Densidad	1	475.76	475.76	206.73	4.84*
Porcent X dens.	2	221.00	110.50	55.25	3.98*
Error	6	13.75	2.29		
Total	11				

Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

C.V. = 3% * = Significativo

FV = Fuente Variable CM = Cuadrados medios
 GL = Grados de Libertad Fc = Valor calculado
 SC = Suma de Cuadrados Ft = Valor Tabulado

En el cuadro 8 se observa el análisis de varianza, mostrando que los factores densidad y porcentaje de luz, y la interacción de las mismas existen diferencias significativas a un nivel de significancia de 5%.

En el mismo cuadro se observa el coeficiente de variación de 3%, resultado que indica la confiabilidad del estudio, ya que se encuentra por debajo del 30% (Calsada, 1970).

En el cuadro siguiente se observa los promedios y al prueba de Duncan al 5% de los niveles de luz (sombra) el tratamiento porcentaje de luz al 50%, tiene una media de 52.50%, es superior estadísticamente al tratamiento porcentaje de luz 30% que muestra un porcentaje de germinación de 43.12% y el tratamiento que tiene el porcentaje más bajo de germinación es el de 100% de luz con 20.02%.

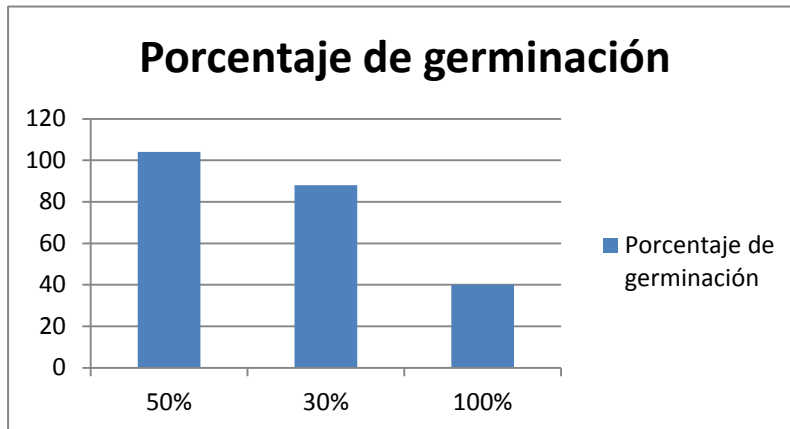
Cuadro 9. Comparación de medias de porcentaje de germinación de semillas de *Acacia melanoxylon* para los niveles de luz

Niveles de luz	Porcentaje de germinación	Prueba de Duncan (5%)
50%	52.50	a
30%	43.12	b
100%	20.02	c

Fuente: Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

En la figura. Se observa la comparación del % de germinación de semillas de acacia negra.

Grafico 1. Porcentaje de germinación de semillas de *Acacia melanoxylon*

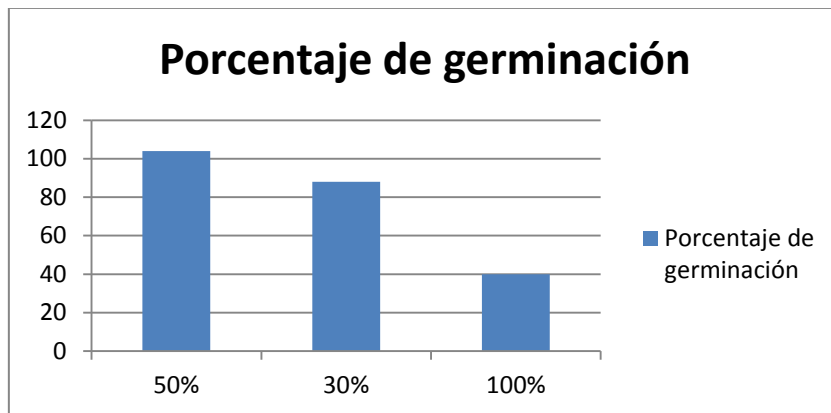


A pesar que los resultado del porcentaje de germinación de las plántulas no son consideradas para cualquier tipo de producción intensiva y/o extensiva se tuvo que asumirlos, razón que durante la etapa de investigación en campo se repitió los ensayos y los resultados que se observaron fueron similares.

Al respecto Menendez (2006), indica que la capacidad de germinación de las semillas recién colectadas es de 70 a 90%, pero disminuye a menos de 40% después de un año de almacenamiento al medio ambiente.

Por otro lado es importante mencionar que el tratamiento 50% de luz, reporto el mayor valor de germinación alcanzando un valor promedio de 104 semillas germinadas, seguida del tratamiento 30% de luz con un promedio de 88 semillas germinadas y finalmente el tratamiento 100% de luz con 40 semillas germinadas. Al respecto cuando las semillas presentan latencia a su condición morfológica impide su rápida germinación (Goitia, 2013).

Gráfico 2. Número de semillas germinadas por tratamiento



4.3.2. Altura de la planta

Para la determinación de esta variable se realizó la medición de las alturas de los plantines desde el cuello hasta la parte más alta de la planta, haciendo uso de una regla milimétrica, seguidamente para poder distinguir los efectos de los tratamientos se realizó el análisis de varianza para los datos tomados, las medias de los tratamientos se analizaron con la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5 %.

Cuadro 10. Análisis de Varianza Para Altura de la Planta

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Porcentaje	2	0.02	0.01	0.14	3.88NS
Densidad	1	0.41	0.41	5.39	4.75*
Porcent X dens.	2	0.18	0.09	1.18	3.88NS
Error	12	0.92	0.076		
Total	22	1.53			

Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

CV = 9.17 %

* = Significativo

NS = No Significativo

FV = Fuente Variable

CM = Cuadrados medios

GL = Grados de Libertad

Fc = Valor calculado

SC = Suma de Cuadrados

Ft = Valor Tabulado

En el cuadro 10 se observa el análisis de varianza, mostrando que el factor densidad de siembra muestra que existe diferencias significativa, mientras que para porcentaje de luz y la interacción porcentaje de luz por densidad de siembra, no presentaron diferencias estadísticas significativas; al respecto Shoji, 2002, menciona que la Acacia negra es una especie que requiere de luz para su crecimientos por ello pertenece al grupo de las heliófilas, no tolera la sombra ni la supresión en ninguna fase de su ciclo vital.

En el mismo se observa el coeficiente de variación de 9.17%, resultado que indica que los datos son confiables, ya que se encuentra por debajo del 30 % (Calzada, 1970).

En el cuadro 11, se observa la comparación de promedios de altura de la planta para los factores de densidad de siembra.

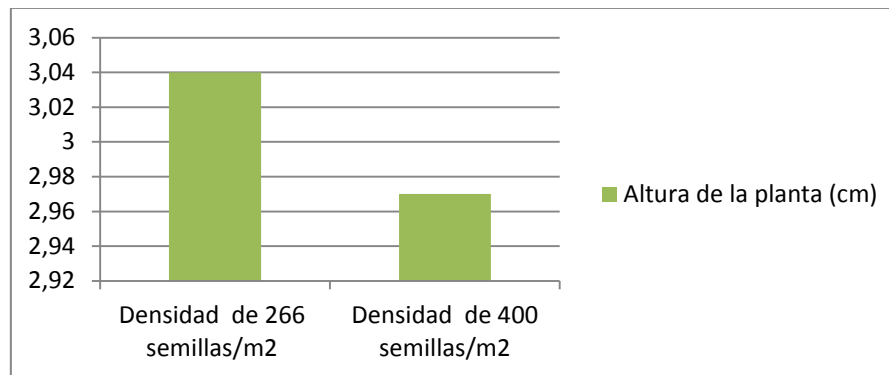
Cuadro 11. Comparación de medias de altura de plantas a los 90 días desde el inicio de la emergencia de plantines para densidad de siembra

Densidad de siembra	Altura de la planta (cm)	Prueba de Duncan (5%)
Densidad de 266 semillas/m ²	3.04	a
Densidad de 400 semillas/m ²	2.97	a

Fuente: Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

En la prueba de medias del cuadro y la figura muestra un comportamiento equitativo, el factor siembra a un densidad de 266 semillas/m² alcanzando un valor de 3.04 cm, y el tratamiento densidad de siembra 400 semillas/m² alcanza un promedio de altura de 2.97 cm.

Gráfico 3. Altura de planta promedio (cm) para densidad de siembra



En cuanto a la altura de la planta, el factor densidad de siembra 266 semillas/m² obtuvo un valor de 3.04 cm, a comparación de factor densidad de siembra 400 semillas/m² que obtuvo un promedio de 2.97 cm, además se observa que los tratamientos no tuvieron diferencias en su comportamiento en cuanto a esta variable, deduciéndose que los factores de temperatura generada por la llegada del sol indirecto y humedad ambiente fueron favorables para el desarrollo del cultivo en parte de su ciclo vegetativo, observándose producto de aquellos factores plantas erectas con talles delgados pero firmes y hojas densas. Al respecto la planta debe absorber luz para expresar su fototropismo, lo cual incide en su crecimientos y desarrollo (Lira, 1994). Por otro lado Fonceca y Heredia, 2004 mencionan que la Acacia negra es exigente de luz vertical, el control de este factor dará como resultado un buen desarrollo inicial de las plántulas.

4.3.3. Número de hojas

Para la determinación de esta variable se tuvo que realizar un conteo de hojas por cada tratamiento, seguidamente para poder distinguir los efectos de los tratamientos se realizó el análisis de varianza para los datos tomados.

Cuadro 12. Análisis de varianza para número de hojas

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Porcentaje	2	1078.69	539.34	6.54	3.88*
Densidad	1	332.82	332.82	4.03	4.75NS
Porcent X dens.	2	52.69	26.35	0.32	3.88NS
Error	12	990.14	82.51		
Total	22	2454.35			

Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

CV = 27.88 %

NS = No Significativo

* = Significativo

FV = Fuente Variable

CM = Cuadrados medios

GL = Grados de Libertad

Fc = Valor calculado

SC = Suma de Cuadrados

Ft = Valor Tabulado

De acuerdo al análisis de varianza a nivel del 5% para el número de hojas a los 90 días, presentado en el cuadro, muestra estadísticamente que para el factor densidad de siembra no existe diferencia significativa, por otro lado para el porcentaje de luz si existe diferencia significativa, podemos deducir que los porcentajes de luz (100% - 50% - 30 %) influye para obtener mayor número de hojas. No se encontró diferencias significativas alguna para interacción de los factores porcentaje de luz y densidad de siembra, estos factores actúan independientemente.

Cabe señalar que la especie en estudio es exigente en luz por lo que se observó mayor desarrollo de hojas en los tratamientos de 100% de luz, en comparación con aquellos que estuvieron con sombra; al respecto las diferentes intensidades de luz sobre las plantas varia de forma indirecta en el comportamiento de la actividad hormonal y fotosintética (Lira, 1994).

En el mismo cuadro se observa el coeficiente de variación de 27.88 %, resultado que indica que los datos son confiables, por encontrarse debajo del 30% siendo este el límite de confiabilidad (Calzada, 1970).

En el cuadro, se observa los promedios y la prueba de Duncan al 5% del número de hojas para el factor porcentaje de luz, 100% - 50% - 30%. El factor 100% de luz muestra un resultado mayor de 7.62 (8) hojas promedio por planta, es superior

estadísticamente al factor 50% de luz con un promedio de 7.12 (7) al igual que el factor 30% de luz con 4.25 (4) hojas promedio.

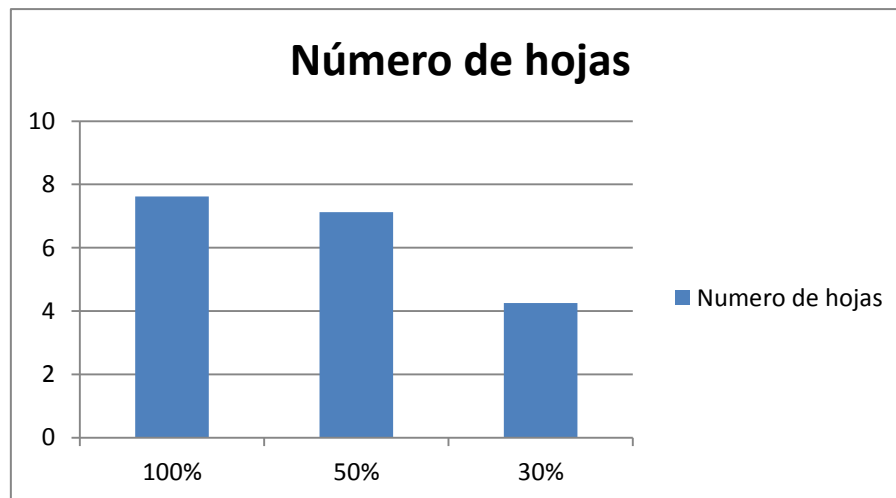
Cuadro 13. Comportamiento de las medias de número de hojas a los 90 días desde el inicio de la germinación de las plántulas para los diferentes tratamientos.

Tratamiento porcentaje de sombra	Numero de hojas	Prueba de Duncan (5%)
100 %	7.62	a
50%	7.12	a
30%	4.25	b

Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

Estas diferencias de comportamiento se da porque se manejaron tratamiento diferentes, tal es el caso de que el tratamiento 100% de luz presento el valor más alto en comparación a los demás tratamientos.

Gráfico 4. Número promedio de hojas para los tratamientos niveles de luz



Como se puede apreciar en la figura, el comportamiento no fue muy diferenciado entre los el tratamiento 100% de sombra con el de 50% los cuales tiene un promedio de hojas de 7.62 y 7.12 respectivamente.

4.3.4. Diámetro del cuello de la raíz

Para la determinación de esta variable se realizó la medición del diámetro de cuellos de la raíz de los plantines, haciendo uso del vernier posterior a eso y después de los 90 días de evaluación se realizó un análisis de varianza, esto con el fin de distinguir los efectos de los tratamientos.

Cuadro 14. Análisis de varianza para diámetro del cuello de la raíz

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Porcentaje	2	0.02	0.01	0.14	3.88NS
Densidad	1	0.41	0.41	5.85	4.75*
Porcent X dens.	2	0.18	0.09	1.29	4.75NS
Error	12	0.91	0.07		
Total	22	1.53			

Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

CV = 9.16 %

*=Significativo

NS=No Significativo

FV = Fuente Variable

GL = Grados de Libertad

SC = Suma de Cuadrados

CM = Cuadrados medios

Fc = Valor calculado

Ft = Valor Tabulado

En el cuadro 14, se observa el análisis de varianza, mostrando que el factor densidad de siembra (densidad de siembra 266 semillas/m² y densidad de siembra 400 semillas/m²) muestra diferencia significativa, mientras que para el porcentaje de luz (100% - 50% - 30%) y la interacción porcentaje y densidad, no existe diferencias estadísticas significativas.

Por otra parte el coeficiente de variancia obtenido es el de 9.16% por lo tanto los datos de la investigación ha sido llevado correctamente y es aceptable para experimentos en especies forestales (Calzada, 1970). El factor densidad de siembra por ser significativa se expresa la prueba de Duncan en el cuadro siguiente.

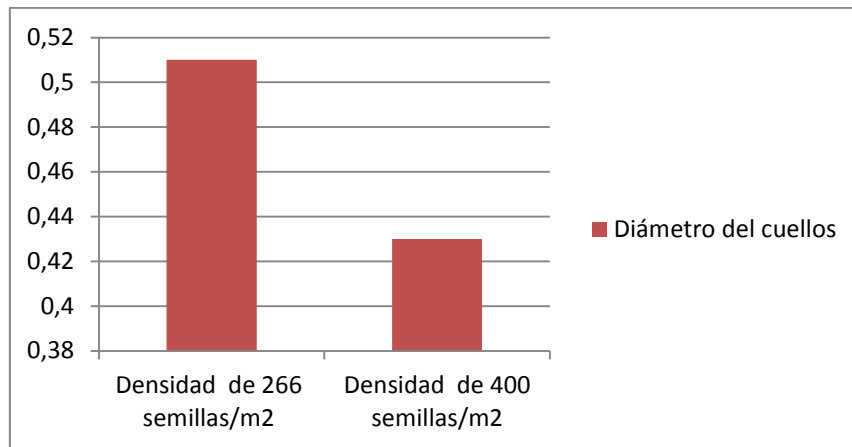
Cuadro 15. Comparación de medias de diámetro de cuello de raíz a los 90 días desde el inicio de la emergencia de los plantines para densidad de siembra

Densidad de siembra	Diámetro del cuellos	Prueba de Duncan (5%)
Densidad de 266 semillas/m ²	0.51	a
Densidad de 400 semillas/m ²	0.43	b

Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

En la prueba de medias para el diámetro de cuello de raíz se observa una diferencia relevante entre la densidad de siembra 266 semillas/m² con la densidad de siembra 400 semillas/m², esto nos hace deducir que a mayor distancia entre plantines mayor es el desarrollo del diámetro del cuello de la raíz.

Gráfico 5. Número promedio de diámetro de cuello de raíz



4.3.5. Largo de la Raíz

Para la determinación de esta variable se tuvo que medir la longitud de raíz, desde el cuello hasta la punta de la raíz (cofia) por cada tratamiento, seguidamente para poder distinguir los efectos de los tratamientos se realizó un análisis de varianza para los datos.

Cuadro 16. Análisis de varianza para longitud de raíz

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Porcentaje	2	0.02	0.001	0.12	3.88NS
Densidad	1	0.35	0.35	3.75	4.75NS
Porcent X dens.	2	0.18	0.09	1.12	3.88NS
Error	12	0.91	0.08		
Total	22	1.52			

Fuente: Elaborado con los datos originales del experimento (2013)

CV = 9.15 %

NS=No Significativo

FV = Fuente Variable

GL = Grados de Libertad

SC = Suma de Cuadrados

CM = Cuadrados medios

Fc = Valor calculado

Ft = Valor Tabulado

En el cuadro 16, Se observa el análisis de varianza, mostrando los tratamiento porcentaje de luz, densidad de siembra y la interacción entre ellos no existe diferencia significativo a un nivel de significancia de 5%, lo cual no indica que los tratamiento planteados en la presente investigación no tuvieron efecto para esta variables de respuesta (largo de la raíz).

En el mismo cuadro se observa el coeficiente de variación de 9.15%, resultado que indica que los datos son confiables, por encontrarse debajo del 30 % siendo este el límite de confiabilidad (Calzada, 1970).

5. CONCLUSIONES

La pureza física de la semilla de acuerdo a las cuatro muestras analizadas tiene como promedio de 78 % de pureza, resultados obtenidos debido a que la semilla es relativamente grande fácil de separar de otros materiales ajenos a la muestra.

El número promedio de semillas por Kg. de peso es de 74.000. Así también se obtuvo que el peso de 1000 semillas es de 0.1388 kg .

El contenido de humedad de la semilla de acacia negra (*Acacia melanoxylon*) en muestras secas es de 2.04 %.

El porcentaje de germinación en laboratorio de la acacia negra fue de 85.25 %, el porcentaje de germinación es alto ya que se lo realizó en ambientes controlados (laboratorio). Por otro lado mencionar que es muy poco probable que este porcentaje se pueda repetir en campo.

En la prueba de viabilidad de las semillas se obtuvo que un 87.5 % de las semillas son viables y un 12.5 % serían semillas no viables o deformes.

El análisis de varianza relacionado al porcentaje de germinación, se obtuvo un 52.50 % de semillas germinadas para el factor 100 % de luz, seguido del 43.12 % de semillas germinadas del factor 50 % y finalmente el que tuvo menos semillas germinadas fue el factor 70 % de luz con 20.02 %. Por lo tanto se rechaza la hipótesis 1 que menciona que los diferentes niveles de luz y densidades de siembra no influyen en la germinación de la semilla de acacia (*Acacia melanoxylon* R. Br), ya que los resultados no muestran lo contrario.

En el análisis de varianza relacionado con altura de la planta, no se encontró diferencias significativas para el factor nivel de luz ni la interacción de los factores niveles de luz y densidad de siembra, sin embargo se encontró diferencia

significativa para el factor densidad de siembra. Se obtuvo un promedio 3.04 cm para el factor densidad de siembra 266 semillas/m² y el factor densidad de siembra 400 semillas/m² con una media de altura de planta de 2.97 cm.

El análisis de varianza para el número de hojas nos muestra que solo en el factor nivel de luz existe diferencias significativas, donde el mayor número de hojas se muestra en el factor 100 % de luz con un promedio de 7.62 (8) hojas, seguida del factor 50 % de luz un 7.12 (7 hojas) y finalmente el factor 30 % de luz nos muestra el promedio más bajo con 4.25 (4) hojas.

En el análisis de varianza en el diámetro de cuello, nos muestra que solo para el factor densidad de siembra existe una diferencia significativa una de la otra. El factor densidad 266 semillas/m² obtuvo el mejor promedio con 0.51 cm, seguida del factor densidad 400 semillas/m² con 0.43 cm, por lo tanto mencionar que a mayor distancia entre planta mayor el desarrollo del cuello de la raíz.

Para el largo de raíz, el análisis demuestra que no existe diferencias significativas de los factores (nivel de luz y densidad de siembra) ni en la interacción de estos factores, con lo cual podemos concluir que para estas variables los tratamientos no presentaron efecto alguno.

Que observando los distintos resultados de nuestra variables de respuesta rechazamos la hipótesis 2 que menciona que la interacción de los niveles de luz y densidades de siembra influyeron en el desarrollo de la altura de la planta, diámetro de cuello, número de hojas y largo de raíz, ya que los factores actúan indistintamente una de otra y que la interacción entre los factores (tratamientos) no presentaron diferencias significativas.

6. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidas en el presente trabajo de investigación se realiza las siguientes recomendaciones:

Tener conocimiento de las condiciones climáticas del lugar de procedencia de la especie y el lugar donde se realiza la fase de reproducción de plántulas y posterior adaptabilidad de los plantines en el lugar de plantaciones definitivas.

Iniciar investigaciones con distintos sustratos, para mejorar el porcentaje de germinación y el desarrollo de los plantines en fase inicial (en viveros).

Iniciar investigaciones que permitan optimizar el uso de las diferentes utilidades de *Acacia melanoxylon*, para así comenzar con la comercialización de subproductos (mueblería, sistemas agroforestales, ornamentos, etc.) que ofrezcan beneficios a los usuarios.

Realizar investigaciones en diferentes épocas y/o estaciones del año, para ver la mejor época para su propagación.

Podemos concluir que en la actualidad no se encuentra estudios de investigación sobre la especie para la producción en nuestro país, sin embargo otros países como Brasil, Argentina y Chile se encuentran produciendo potencialmente esta especie debido a sus variados usos (ornamental, utilizados para detectar el polvo del ambiente, cortina rompe viento, recuperación de suelos, sistemas agroforestales y su madera en mueblería fina, construcciones, etc.).

Finalmente se recomienda la implementación de esta especie en la reforestación en ciudades urbanas y rurales de nuestro país.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, D y VERONA, P. 1988. Silvicultura. Editorial pueblo y Educación. La Habana Cuba. Pp. 28-71

AZCON-BIETO, J. Y TALÓN, M. 1996 “Fisiología y Bioquímica Vegetal”. Universidad Politécnica de Valencia. Interamericana/ McGraw-Hill. ISBN: 84-486-0033-9, 153 p.

BARDI, J.F.; VILLACAMPA, Y,; LOSARDO, O,; BORZONE, H,; CORTES, M, 2001. “Acacia melanoxylon R. Brown: a study of the relationship height-diameter, Ecosystems and sustainable development III. Advances in Ecological Sciences”.

BESNIER, R.F. 2007. Semillas, Biología y Tecnología UCSM (Universidad Católica de Santa María), Facultad de Ingeniería Agronómica.

BERNAL, M. 1980. Anatomía y tecnología de la madera, manual del técnico forestal. ETSFOR, Misión Forestal Alemana, UMSS. Cochabamba Bolivia. 199 p.

BOLFOR. s/f. Tasa de deforestación de 1993 a 2000 en Bolivia. Santa Cruz, s/f. 45 p.

CALZADA, B. J. 1970. Métodos Estadísticos para la investigación. 5 ed. Lima, Perú S.A. 644 P.

CARL, A. 1980. Botánica. Traducido al español por la doctora De Col Irina L. Editorial Uthema. Mexico. Mexico DF. Pp 287-338.

CARRANZA, S. 2007. “Revista facultad de agronomía la plata”, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de Mar del Plata, publ. N 276, 7620, Baralce argentina. 106 2 (2007).

COSME, F. 2002. Tesis de Grado: Estudio de Técnicas Pregerminativas de Semillas de Duraznero (*Prunus persica* (L.) Batsch) en Sapahaqui, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz-Bolivia. 88 p.

CUMAT y COTESU. 1985. Proyecto USAID/Bolivia. Capacidad de uso mayor de la tierra. Proyecto Alto Beni, La Paz, Bolivia. V. I. 49 p.

CZABATOR, E. 1962. Curso sobre recolección y procesamiento de semillas forestales. Memorias curso número 8. Red nacional de semillas forestales, RENASER, Banco de semillas forestales, UMSS-COSURE. La Paz Bolivia.

DELOUCHE, J. 1964. El Proceso de la Germinación. Trad. Jaira Correa In Curso Internacional de Entrenamiento sobre semilla mejorada para América Latina. Campiña, Brasi. 1-3 pp.

DIMITRI, M. 1978. Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería, descripción de plantas cultivadas. Tomo I, 3ra Edición, Editorial ACME, Buenos Aires, Argentina pp 651.

DUFFUS, E. y SLAUGHTER, Y. 1985. Isas semillas y sus usos. Traducido al español por Fidel Marquez S. AGT. Editorial, S.A. México. México DF. Pp 88-89

FAO – UNASYLVA, 1981. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: La Teca-Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales Vol. 51, 4-5 pp.

FERNÁNDEZ, J. y ALMORA, M. 1989. Potencial alelopático de la especie invasora *Acacia melanoxylon* en Galicia: efecto sobre los índices de germinación, Laboratorio de Eco fisiología Vegetal, Facultad de Biología, Universidad de Vigo, Ed. Lagoas-Marcosende, 36-310 p.

FONSECA, W. y HEREDIA. 2004. Manual Para Productores de Teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica, 209 p.

FOREST SERVICE, 1948. WOODY ALANT SEED HAMAL. WASHINGTON, UNITED STATES, 416 p.

FORO, D. y ROBERTSON, A. 1977. Medición forestal. Primera Edición. Editorial Herrero S.A. México D.F., México. traducido de FORST MENSURATION. MC Graw – HILL BOOK COMP. 1950. Tercera Edición. New York. Estados Unidos, 474 p.

GEILFUS, F. 1994. El Árbol al Servicio del Agricultor. Manual de Agroforestería para el Desarrollo rural. Guía de especies Vol. 2. Turrialba, Costa Rica. Edic. No. 9, Edit. ENDA-CARIBE/CATIE. 453-455 pp.

GOITIA, L. 2003. Manual de Dasonomía y Silvicultura. Universidad Mayor de San Andrés - Facultad de Agronomía, Carrera Ingeniería Agronómica. La Paz - Bolivia. 159 p.

GOITIA, L. 2013. Nomenclatura de Cobertura Forestal según la FAO. La Paz. Bolivia.

GÓMEZ, J. 1972. Factores que inciden en la calidad de la semilla. Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 58 p.

GUZMÁN, W. 2000. Comportamiento agronómico de tres variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) con la aplicación de cuatro abonos orgánicos en la zona de Cota Cota – La Paz. Tesis de grado para obtener el grado de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 23 p.

HARTMANN, H. y KESTER, D. 1997. Propagación de Plantas. México D. F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C. V. 760 p.

HURTADO, M Y MERINO, E. 1994. Cultivo de tejidos vegetales. Bioestadística aplicada al cultivo de tejidos vegetales. Editorial Trillas México. México DF. Pp 68-186

IGLESIAS, G. 2010. Seed of Acacia. In: Catalogue of Comercial sedes. 31p.

IGM. 1998. Instituto Geográfico Militar. Manual de Manejo de Sistema de Información Geográfica. 100 p.

ISTA 1981 (Asociación para el Ensayo de Semilla). 1973. Montes N 20/3. Roma Estudio FAO, 458 p.

KILLEEN, F.; BONILLA, L.; RIVERA, D. y HEREDIA, C. 1993. Guía de árboles de Bolivia. Instituto de ecología UMSA. Editorial Quipus. La Paz, Bolivia. 958 pp.

LAMPRECHT, O. 1990. Silvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. Posibilidades y métodos para un

aprovechamiento sostenido. Instituto de silvicultura de la Universidad de Göttingen. GTZ. Cooperación técnica. República Federal de Alemania de acción para el desarrollo Forestal, 99 p.

LIAHITTE, Y.; MASLIN, B.; PEDLEY M.; y MC. DONALD. 1999. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, descripción de plantas cultivadas. Tomo 1, 3 Edición ACME. Buenos Aires, Argentina. 651 p.

LIRA, R. 1994. Fisiología Vegetal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 1 Edición. Editorial Trillas, S. A. de C.V. 237 P.

LOEWE V.; Gonzales Y. y UGALDE A. 2004. Efecto de diferentes asociaciones de especies vegetales e el crecimiento y la calidad frutal de aramo australiano o *blackwood* (*Acacia melanoxylon R. Br.*), Universidad Católica de Temuco Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestal Escuela de Ciencias Forestales Fundo Miraflores Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al título de: Ingeniero Forestal., CHILE.-TEMUCO.

MALDONADO, O. 1988. Blackwood growth model and final crop stocking. In: Blackwood management: learning from New Zealan. Ed: Brown, A. G. International Workshop, Rotorua, New Zealand.

MARISCAL, E. 1992. Sectorización del ambiente serrano del Partidode Azul para determinar su aptitud potencial para *Acacia melanoxylon Br.* XV Congreso Argentina de la Ciencia del Suelo, Santa Rosa (La Pampa), 19-24 p.

MENENDEZ, J. 2006. “*Acacia melanoxylon R. Br.*” Ed. Zocalo. 93 p.

MESON, S. y MONTOYA, R. 1993. Silvicultura Mediterránea (El cultivo del Monte) Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. Pp 77-260

MILLER, I. 1999. Aromo Australiano (*Acacia melanoxylon*) en plantaciones mixtas. Ciencias Forestales 36 p.

MORENO, F. 1984. El Árbol al Servicio del Agricultor. Manual de Agroforestería para el Desarrollo Rural. Guía de especies Vol. 2. Turrialba, Costa Rica. Edic. 9. Edit. ENDA-CARIBE/CATIE. 453-455 p.

NIEMBRO, A. 1988. Semillas de Árboles y Arbustos, Ontogenia y Estructura. Edit. Limusa S. A. Chapingo, México D. F. 285 p.

OCTEBEYE, E. y OJE, W. 1995. Actividades de Recolección y Manipulación de Semillas de la sección de Semillas de la Estación de Investigación Forestal de la Sabana. Nigeria. Recursos Genéticos Forestales. FAO- Roma. 11 p.

PADILLA, G. H. 1983. Glosario practico de términos forestales. Primera edición. Editorial Limusa. México Distrito Federal, México. 273 p.

PADRON L., 1996. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería □□Primera Edición. Tomo I Descripción de las plantas cultivadas, Segundo Volumen, Editorial Acme S. A. C. I. Buenos Aires. 918-924 pp.

PATIÑO, F.; DE LA GARZA, P.; VILLAGOMEZ, Y.; TALAVERA, I. y CAMACHO, F. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. México D. F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. Boletín Divulgativo N° 63. 181 p.

PILLEN O.; MEDHURST A.; BEADLE P. y WORLEDGE S. 1999. The distribution of *Acacia* (Leguminosae: Mimosoideae) in Australia. Part 1. Species distribution maps. Western Australian Herbarium ResearchNotes N 6, 1-128.

PEREZ, E.; y BARROSA, J. 1993. Producción de planta y establecimiento de plantaciones de teca en el estado de tabasco. pp 23-29.

PIETER, A. 1982. En busca de Proteínas. Revista de distribución Mensual, Julio N° 7 La Paz – Bolivia. 49 p.

POMIER, K. 2008. Tesis de Grado: Descripción Dendrologica y Evaluación Germinativa de dos especies de acacia bajo el efecto de dos sustratos y dos tratamientos pregerminativos, La Paz. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz-Bolivia. 88 p.

RAMOS, Q. 1990. Viveros Forestales. Universidad Autónoma Juan Misael caracho. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. Carrera de Ingeniería Forestal. Tarija Bolivia. Pp 1-102.

RENASER, UMSS – COSUDE 1997. RED NACIONAL DE SEMILLAS FORESTALES. BANCO DE SEMILLAS FORESTALES. Curso sobre “Recolección y Procesamiento de Semillas Forestales” La Paz, Bolivia. 71 p.

RODRIGUEZ, M. 1985. Morfología y Anatomía Vegetal. 1º Edición. Cochabamba, Bolivia. Amigos del libro. 286p.

RODRIGUEZ, A. 1992, Fertilizantes. Nutrición vegetal. AGT. Editores. Primera Edición. S.A. México DF. Pp 155.

SANDOVAL, M. 1997. Silvicultura y manejo de plantaciones forestales. Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno. Facultad de Ciencias Agrícolas. Carrera de Ingeniería Forestal. Santa Cruz – Bolivia. 113 p.

SHOJI, D. 2002. Tesis de Grado: Estudio físico de suelos de dos sitios para determinar la factibilidad del establecimiento de Caoba (*Swietenia humilis* Zucc.) y Acacia campbelli (*Acacia dealbata*), en Honduras. 40 p.

TORRICO, G REA, R. Y BECK S. 1997. Estudio sobre los árboles y arbustos de uso múltiple en los departamentos de Cochabamba y Chuquisaca (Valles secos interandinos) Proyecto Ejecutado por el Herbario Nacional de Bolivia. Instituto de Ecología, por encargo del Programa de Bosques Nativos (PROBONA). La Paz Bolivia. Pp 12-31.

URIOSTE, L.; QUEVEDO, L.; GUZMAN, R.; ROJAS, R. 2010. Evaluación del régimen forestal implementado por la superintendencia forestal. Santa Cruz. Bolivia. 152 p.

VILLANUEVA, S. 1995. Tratamientos pre- germinativos aplicables a semillas forestales y frutales. Proyecto FAO/ Holanda/ CDF. Desarrollo Forestal Comunal en el Altiplano Boliviano. La Paz – Bolivia. Pp 1- 20.

WILLIAM, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos. DANIDA – FAO Montes 20/2. 502 p.

ZALLES, T. 1988. Manual del técnico forestal. Silvicultura-viveros. Escuela Técnica Superior Forestal. Misión forestal Alemana UMSS-GTZ-Cochabamba, Bolivia. 3-37 p.

ZAMUDIO, S. 1992. Obtención de semillas y material vegetativo de árboles y arbustos. Proyecto escuela, Ecología y Comunidad campesina. Lima –Peru. Pp 11-43.

ZEBALLOS, M. 2000. Estudio de los cambios en la composición florística, cobertura vegetal y fenológica a lo largo de un ciclo anual en el área permanente de Cota Cota

– La Paz. Tesis de grado para obtener el grado de Licenciatura Universitaria Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 110 p.