

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Evaluación de la germinación de semillas de *Vachellia
macracantha* usando métodos de escarificación**

Proyecto de investigación

Francisco Javier Maldonado Arciniegas

Ingeniería en Agroempresas

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero en Agroempresas

Quito, 9 de diciembre del 2015

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍA

HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Evaluación de la germinación de semillas de *Vachellia macracantha* usando
métodos de escarificación

Francisco Javier Maldonado Arciniegas

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Antonio León, Ph.D.

Firma del profesor

Quito, 9 de diciembre del 2015

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Francisco Javier Maldonado Arciniegas

Código: 00100878

Cédula de Identidad: 1715849186

Lugar y fecha: Quito, 9 de diciembre del 2015

RESUMEN

En esta investigación se buscó determinar el proceso de escarificación más efectivo para mejorar la germinación de semillas de *Vachellia macracantha*, una especie nativa del bosque seco interandino con gran potencial para sistemas agroforestales. Se probó dos tipos de métodos de escarificación que son mediante inmersión en ácidos fuertes (método químico) y tratamientos de remoción de la cubierta mediante procesos de limado, cortado y embebido (métodos físicos). Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 3 repeticiones, en total se probaron 19 tratamientos incluyendo al control o testigo. Para los tratamientos químicos se utilizó los ácidos sulfúrico, nítrico y fosfórico a las dosis de exposición de 5, 10, 15, 20 y 25 minutos. Se midieron tres variables: porcentaje de germinación, número de hojas y altura de plantas. El método físico de limado y el de corte obtuvieron el porcentaje de germinación más alto con un 46 % de germinación versus el control que llegó al 6 %. Para todos tratamientos restantes no existió una diferencia significativa en el porcentaje de germinación. No se encontró diferencia estadística en el número de hojas y altura de plantas en ninguno de los tratamientos.

Palabras clave: agroforestal, bosque seco interandino, dormancia, escarificación, *Vachellia macracantha*.

ABSTRACT

The purpose of this investigation was to determine the most effective scarification process for the germination of *Vachellia macracantha* seeds. *V. macracantha* is a native species from the Andean dry forest and has potential for agroforestry. For this study, two methods were tested, immersion in acids (Chemical methods), and shell removal through the process of filing, cutting, and boiling the seeds (Physical methods). A randomized complete block design with 3 replications was used, 19 different treatments took place and they included a witness. For the chemical methods, sulfuric, nitric, and phosphoric acid, were tested in different exposition times: 5, 10, 15, 20, 25 minutes. Three variables were measured: germination percentage, quantity of leaves and the plant's height. The physical method of filing and cutting the seed got the highest germination percentage with 46% of germination, against the control that has 6% of germination. For all other treatments there was no statistical difference between them. Any treatment got statistical difference for quantity of leaves and plant's height.

Key words:. agroforestry, inter-Andean dry forest, dormancy, scarification, *Vachellia macracantha*.

Tabla de Contenidos

Tabla de Contenidos	6
Índice de tablas.....	8
Índices de figuras.....	8
Índice de anexos.....	9
1.-INTRODUCCIÓN	10
1.1.- Antecedentes.....	10
1.2.-Justificación	12
2.- OBJETIVOS.....	14
2.1.-Objetivo General	14
2.2.-Objetivos específicos.....	14
3.- HIPOTESIS	14
4.- MARCO TEÓRICO	15
4.1.- Bosque Seco.....	15
4.2 Agroforestería.....	16
4.3 Dormancia y escarificación.....	20
5.-MATERIALES Y MÉTODOS	23
5.1 Recolección y procesamiento de semillas.....	23
5.2.1- Métodos de escarificación química.....	26
5.2.2 Métodos de escarificación Física.....	27
5.3.- Métodos de siembra de la semilla.....	28

5.4.- Variables a medir y análisis estadístico.....	30
6.- RESULTADOS	31
6.1 Resultados de tratamientos de escarificación por métodos químicos.....	31
6.1.1 Resultados de germinación usando métodos de escarificación química.....	31
6.1.2 Resultados de la altura de planta usando métodos de escarificación química.....	36
6.1.3 Resultados del número de hojas usando métodos de escarificación química.....	37
6.2 Resultados de tratamiento físicos	38
6.2.1 Resultados de germinación usando métodos de escarificación física.	38
6.1.2 Resultados de la altura de planta usando métodos de escarificación física.....	39
6.1.3 Resultados del número de hojas usando métodos de escarificación física	40
6.3 Comparación de los tratamientos de escarificación físicos y químicos.....	41
7.- DISCUSIÓN	43
8.-CONCLUSIONES.....	45
9. RECOMENDACIONES.....	46
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	48
11. ANEXOS	52

Índice de tablas

Tabla 1: Nominación de Métodos Químicos.....	26
Tabla 2: Nominación de Métodos Físicos.....	27

Índices de figuras

Figura 1. Semilla de <i>Vachellia macracantha</i>	24
Figura 1. Vainas de <i>Vachellia macracantha</i>	25
Figura 3. Procesamiento de semillas usando un martillo.	25
Figura 4. Disposición de siembra métodos químicos.....	28
Figura 5. Disposición de siembra de métodos físicos.	29
Figura 6. Hojas compuestas.....	30
Figura 7. Plántulas a los 2 meses de germinadas con tratamientos de escarificación química con ácido sulfúrico.....	32
Figura 8. Plántulas a los 2 meses de germinadas con tratamientos de escarificación química con ácido nítrico.....	33
Figura 9. Plántulas a los 2 meses de germinadas con tratamientos de escarificación química con ácido fosfórico.....	34
Figura 10. Porcentaje de germinación de los tratamientos químicos.....	35
Figura 11. Número de hojas de los tratamientos químicos	36
Figura 12. Altura de planta(cm) de los tratamientos químicos.....	37
Figura 13. Plántulas a los 2 meses de germinadas con tratamientos de escarificación física.....	38
Figura 14. Porcentaje de germinación de los tratamientos físicos.....	39
Figura 15. Altura de plantas de los tratamientos físicos.....	40

Figura 16. Altura de plantas de los tratamientos químicos.....	41
Figura 17. Porcentaje de germinación de los 19 tratamientos.....	42

Índice de anexos

Anexo 1. Tabla de datos de las tres repeticiones del porcentaje de germinación para los 19 tratamientos.....	52
Anexo 2. Anova para el porcentaje de germinación.....	53
Anexo 3. Prueba de Tukey para el porcentaje de germinación.....	53
Anexo 4. Tabla de datos del número de hojas para las tres repeticiones en los 19 tratamientos.....	53
Anexo 5. Anova para el número de hojas.....	54
Anexo 6. Prueba de Tukey para el número de hojas.....	54
Anexo 7. Tabla de datos de la altura en centímetros para las tres repeticiones en los 19 tratamientos.....	54
Anexo 8. Anova para la altura de planta.....	55
Anexo 9. Prueba de Tukey para la altura de planta.....	55
Anexo 10. Hoja de vida.....	56

1.-INTRODUCCIÓN

1.1.- Antecedentes

Los bosques secos interandinos son ecosistemas con gran diversidad de flora y fauna (Madsen *et al.*, 2001). A pesar de que muchos de estos bosques se encuentran cerca de las ciudades y son accesibles, son poco conocidos y no se ha realizado la investigación suficiente (Aguirre, 2006). Además, no cuenta con medidas suficientes para su conservación. Actualmente, la desvalorización del bosque seco lo ha llevado a una situación crítica con riesgo de desaparecer debido a la presión de las actividades humanas (Janzen, 1988). Este hábitat, se presenta como parche o fragmento en casi toda la región Neotropical. En la mayoría de las ocasiones se encuentran rodeados de cultivos y áreas dedicadas a la ganadería (Fajardo *et al.*, 2005).

Una alternativa para la regeneración y preservación de lo flora y fauna del bosque seco es la agroforestería. Esta es una rama de la agricultura que busca integrar el cultivo de pastos, hortalizas, frutales y otros, en conjunto con el cultivo de árboles. De esta forma, se beneficia tanto al agricultor, reduciendo costos de insumos externos de la granja, y el ecosistema que encuentra espacios en donde convivir con el hombre. El mejoramiento de suelos es un beneficio muy importante que brindan los árboles en sistemas agroforestales, la fijación de nitrógeno y el crecimiento de raíces profundas aumenta la disponibilidad de nutrientes por medio de la fijación biológica, el reciclaje de nutrientes y la acumulación de materia orgánica en el suelo (Beer, 1988). Los sistemas agroforestales ofrecen una alternativa sostenible para aumentar la producción animal sin la dependencia de

insumos externos tales como: los alimentos y concentrados suplementarios en la nutrición de los animales o los fertilizantes utilizados en el cultivo de pastos. Con estos sistemas se intenta aprovechar las ventajas de varios estratos de la vegetación (Nitis *et al.*, 1991). Adicionalmente, puede ser utilizado en beneficio de los animales al brindarles sombra y alimento (Nair, 1993). La introducción de especies leguminosas arbustivas y/o arbóreas que sean tolerantes al verano, son una alternativa para aliviar deficiencias nutricionales de bovinos en pastoreo durante las épocas de sequía, en donde la cantidad de biomasa disponible para el consumo es escasa (Ibrahim, 1992). Como consecuencia, los sistemas en los que se combinan diversas formas de producción animal con árboles para diferentes propósitos, pueden responder positivamente a los problemas de la deforestación, la degradación de los ecosistemas y a la sostenibilidad de la ganadería (Amézquita, 2002).

En la provincia de Pichincha se puede encontrar remanentes de bosque seco. La quebrada del cañón del Chiche en el valle de Tumbaco o el bosque protector Jerusalem en Guallabamba son un ejemplo. *Vachellia macracantha* predomina en esta zona. Muchos autores se refieren a esta misma especie como *Acacia macracantha*. *V. macracantha* pertenece a la familia Fabaceae y a la subfamilia Mimosoidea. Más de 1200 especies de Acacia se encuentran alrededor del mundo, siendo Australia el principal centro de diversidad de Acacias. En Sur América se encuentran alrededor de 21 especies; entre ellas *V. macracantha*, una de las más significativas por su distribución en zonas áridas y erosionadas de los Andes. Además, esta especie es de importancia económica debido a que puede ser fuente de madera, leña, forraje, y flores como alimento de abejas para la apicultura. Puede ser útil en múltiples propósitos para programas de

agroforestería (Casiva, 2004). *V. macracantha* es una especie nativa del bosque seco Interandino y es idónea para los sistemas agroforestales. Esto se debe a algunas características: es una leguminosa y puede fijar el nitrógeno del ambiente al suelo y así nutrirlo a través de un proceso de asociación entre las raíces de la planta y bacterias denominadas rhizobium, las cuales tienen la habilidad de formar nódulos fijadores de nitrógeno atmosférico (N₂) (Aparicio-Tejo, 2008) .

Sin embargo, la reproducción en vivero de esta especie está limitada debido al bajo porcentaje de germinación. Su semilla está cubierta superficialmente por una capa dura que impide el acceso de agua y oxígeno al embrión, esto se conoce como dormancia (Rodríguez, 1982). La dormancia depende tanto de las características fisiológicas como de las características morfológicas de la semilla. Se ha clasificado cinco tipos de dormancia: fisiológica, morfológica, morfofisiológica, física y combinatoria. La dormancia más común es la física y se debe a la impermeabilidad al agua de las células del tejido en empalizada de la cubierta seminal, responsable del control del movimiento del agua de imbibición. Para provocar la germinación en semillas y romper la dormancia física, es preciso proceder a la escarificación física o química de la cubierta (Matilla, 2008).

1.2.-Justificación

Es necesario determinar el método de escarificación más eficiente en semillas de *Vachellia macracantha* y así multiplicar masivamente a esta especie en vivero. Como resultado final se podría aprovechar las características económicas, ecológicas y agrícolas de este árbol. Si se consigue incrementar la productividad en

la reproducción en vivero, se reducirán también los costos de los insumos necesarios para la multiplicación, beneficiando económicamente al agricultor. Al aumentar la tasa de germinación para la propagación masiva de esta especie, se reducirá el número de materiales requeridos, tales como: semilleros fundas, turba, tierra, abono, mano de obra y espacio.

V. macracantha es ideal para sistemas silvopastoriles lo que contribuye al sector ganadero. Este árbol aporta a la nutrición de los animales, ya que se alimentan de sus hojas y frutos, los cuales tienen buenos porcentajes de proteína calcio y fósforo (Ortega, 1012). Además, son una opción en temporadas donde puede escasear el alimento (Ibrahim y Manetie, 1998). Adicionalmente, les provee sombra que resulta muy importante en épocas secas. Se ha podido observar que incluir *V. macracantha* en la dieta de vacas lecheras aumentó la producción de leche en un 12% (Espinosa *et al.*, 2007).

Por otra parte, la importancia de conservar y regenerar el bosque seco andino, así como crear alternativas sustentables para el sector ganadero, ha generado la necesidad de investigar los procesos de escarificación de las semillas de algarrobo. De esta forma, se puede estimular su germinación al romper la dormancia de las mismas previo a su siembra y como consecuencia alcanzar mayor cantidad de semillas germinadas.

Es importante recordar que originalmente cerca del 35% (28 000 Km^2) del Ecuador occidental estaba cubierto por bosque seco. Se estima que el 50% habría desaparecido (Sierra, 1999). Por esto es fundamental generar alternativas que favorezcan a la producción agrícola y al mismo tiempo ayuden a la conservación del ecosistema altamente afectado a través de la reproducción y siembra de especies nativas

2.- OBJETIVOS

2.1.-Objetivo General

Evaluar el efecto de los diferentes métodos químicos y físicos que permitan la escarificación de semillas para la mejora de la germinación de *Vachellia macracantha*

2.2.-Objetivos específicos

- 1.-Obtener semillas de *Vachellia macracantha* de calidad homogénea provenientes de un mismo individuo.
- 2) Realizar tratamientos de escarificación a las semillas con los ácidos sulfúrico, nítrico y fosfórico a diferentes tiempos de exposición: 5, 10, 15, 20 y 25 minutos (tratamiento químico).
- 3) Evaluar el porcentaje de germinación, altura de planta y número de hojas de los tratamientos químicos a los 60 días de la siembra.
- 4) Realizar tratamientos de escarificación a las semillas a través de los procesos de limado, cortado y embebido (tratamiento físico).
- 5) Evaluar el porcentaje de germinación, altura de planta y número de hojas de los tratamientos físicos a los 60 días de la siembra.
- 6) Seleccionar el mejor método de escarificación para esta especie.

3.- HIPOTESIS

La escarificación de las semillas de *Vachellia macracantha* incrementa el porcentaje de germinación.

El número de hojas y altura de las plantas varía dependiendo del método de escarificación que se realice.

4.- MARCO TEÓRICO

4.1.- Bosque Seco

El bosque seco es un ecosistema donde la mayoría de especies arbóreas pierden el follaje en la temporada seca y los arbustos y hierbas son escasos (Aguirre y Kvist, 2005).

La precipitación está generalmente por debajo de los 1600 mm y el número de meses secos varía entre cinco a seis, donde la precipitación total es menor a 100 mm (Pennington *et al.*, 2000).

Por esta razón, las zonas más problemáticas o vulnerables a la acción erosiva son las tierras secas donde llueve menos de 600 mm, ya que las mismas se caracterizan por tener una vegetación poco abundante debido a la competencia de las plantas por la humedad (Vogel y Valarezo, 1999).

Los bosques secos, en general están ubicados en zonas relativamente pobladas, muchas veces en suelos aptos para cultivos y por tal razón han sido muy intervenidos y destruidos mucho más que los bosques húmedos (Janzen, 1988).

Lamentablemente, son ecosistemas frágiles que soportan fuertes presiones antrópicas (Aguirre y Kvist, 2005).

El deterioro de la productividad en cultivos y la calidad ambiental son consecuencia de cambios desfavorables en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Pueden ser causados por variaciones climáticas o por la acción del hombre. Existen diversas técnicas agroecológicas que permiten aprovechar procesos naturales y reducen el uso de recursos externos (RAAA, 1999).

El bosque seco es uno de los ecosistemas más degradados y amenazados (Miles *et al.*, 2006).

A pesar de la falta de interés por los bosques secos, estos ecosistemas son muy importantes ya que albergan una gran diversidad de flora y fauna endémica. La región es considerada en el mundo como un EBA (endemic bird area). Estos bosques están restringidos a una geografía pequeña de no más de 50 000 km² (Williams, 2005).

4.2 Agroforestería

En Ecuador los bosques secos son poco conocidos, muy amenazados y mantienen una importancia económica para grandes segmentos de la población rural, suministrando productos maderables y no maderables para su subsistencia y a veces para la venta (Pennington *et al.*, 2000).

En los bosques andinos ecuatorianos se encuentra la especie *Vachelia macracantha*, la cual tiene algunas características benéficas para la agricultura y la regeneración de suelos. Se ha documentado y demostrado que la incorporación de elementos vegetales leñosos brindan múltiples beneficios en las huertas o chacras

campesinas, entre los que sobresalen: provisión de forraje, frutos, leña, madera, sombra, humedad, captura de CO₂, control de la erosión y división de fincas (Yaguachi y Carrion, 2000). *V. macracantha* es también ideal para la entomoforestación que es el enriquecimiento de bosques para la apicultura. Esta es una práctica no muy difundida, pero que se está impulsando con el propósito de enriquecer el bosque seco degradado con especies melíferas conocidas y de esta manera disponer de más plantas que permitan una alimentación permanente de las abejas y mejorar la actividad apícola en las fincas (Aguirre, 2014).

A pesar de esto, *V. macracantha*, no es muy apreciada por la mayoría de la población la cual desconoce todos los beneficios ambientales y agronómicos, que esta especie puede aportar. Por esta razón, es casi imposible encontrar esta especie en los viveros comerciales que se encuentran en el país. Realizando observaciones preliminares se pudo constatar que en los viveros municipales de Quito, y en el vivero del Bosque protector Jerusalén, se puede encontrar a *V. macracantha*. Sin embargo, el porcentaje de germinación que se maneja es muy bajo debido a la falta de estudios realizados en métodos pre germinativos que permitan romper la dormancia de las semillas. Esto representa un problema para su reproducción masiva.

En respuesta a esta limitante se realizó este estudio, cuyo objetivo fue el de evaluar métodos de escarificación para la mejora de la germinación de *V. macracantha* con la finalidad de reproducir sexualmente esta especie del bosque seco interandino. El presente estudio también responde a la necesidad de encontrar alternativas sostenibles de conservación aplicadas al desarrollo agrícola y ganadero. La introducción de especies nativas, como *V. macracantha* en la zona de los valles interandinos, es una opción interesante en la agricultura y la ganadería. Con esto

se fomentaría el uso responsable de los recursos naturales al ofrecer espacios dentro de los cultivos y potreros para la regeneración de áreas silvestres que sirven como refugio de la diversidad de flora y fauna de la zona.

Los árboles y arbustos forrajeros son una fuente inagotable de nutrientes, que aporta alimento de buena calidad la mayor parte del año, mejora la dieta del animal y reduce el uso de insumos y concentrados en las explotaciones pecuarias (De Andrade *et al.*, 2008).

Las leguminosas incrementan la cantidad de cationes intercambiables y la disponibilidad de fósforo, y la cantidad total de las reservas de P, K, Ca y Mg en la biomasa (Szott, 1996).

Adicionalmente, los ácidos nítrico, sulfúrico y fosfórico son efectivos para bajar el pH del suelo y aumentar la conductividad eléctrica del suelo a niveles restrictivos para el desarrollo vegetal. La acidificación del suelo aumenta considerablemente el hierro disponible (Ferreira, 1998).

Los árboles apoyan a la agricultura y ganadería mediante el control de la erosión, elevación de la fertilidad del suelo, protección de cultivos y animales como también al mejoramiento micro climático; además, mediante estas prácticas se produce: leña, madera, postes, frutos, medicinas, forraje y otros como cercas que protegen las viviendas (Nair, 1993).

El silbopastoreo es un tipo de agroforestería que implica la presencia de animales directamente pastando entre o bajo arboles, que pueden ser de vegetación natural o plantados con fines maderables, industriales, o multipropósito (Sanchez, 1995).

En los sistemas agroforestales existen interacciones tanto ecológicas como económicas entre los componentes. El propósito es lograr un sinergismo entre los componentes, el cual conduce a mejoras netas en una o más características, tales

como productividad y sostenibilidad, así como también diversos beneficios ambientales (Burley, 1998).

Si estos sistemas están bien diseñados, sus componentes leñosos pueden prestar servicios valiosos como: sombra, protección al cultivo contra el viento, control de erosión eólica e hídrica, reducción de la evapotranspiración, acumulación de materia orgánica en el suelo, fijación del nitrógeno atmosférico en el suelo y por la vegetación, reciclaje eficiente de nutrientes minerales, retención e infiltración del agua en el suelo y un hábitat adecuado para algunas especies nativas, al mismo tiempo que se obtienen productos suplementarios que origina el cultivo o el ganado que se encuentra en el sitio (Vazquez, 2005). La validación de sistemas de producción agropecuarios que utilicen como base una modalidad de la agroforestería denominado “silvopastoreo”, en el cual se combina en el mismo espacio gramíneas, leguminosas, arbóreas y bejucos que permiten la alimentación de herbívoros a través de su follaje y frutos. Además, les brinda confort con la sombra (Botero *et al.*, 2010).

Utilizando la especie *V. macracantha* mezclada con una dieta líquida a base de melaza y urea fosfato en vacas doble propósito pastoreando sorgo (*Sorghum bicolor*) obtuvieron una ganancia de peso cercana a 1 kg/animal/día y un incremento en la producción de leche alrededor del 13%, lo que representó un ingreso superior al 19% más con respecto al testigo, el cual fue solo pastoreo sorgo y libre acceso a un bosque secundario (Espinoza *et al.*, 2007).

La composición química del fruto de *A. macracantha* presentó un buen balance nutricional, pudiendo considerarse una materia prima local promisoría en la alimentación animal. La producción de frutos mostró rendimientos aceptables (Casado, 2001). Los reportes del valor nutritivo de sus frutos enteros indican que

contiene 12,9% de proteína cruda, 1% de extracto etéreo, 0,18% de fósforo y 0,34% de calcio (Domínguez, 2003).

4.3 Dormancia y escarificación

El procesos de germinación esta influenciado por factores interno y externos. Dentro de los factores internos están la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia. Los factores externos son el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz (Russo *et al.*, 2010).

Durante el proceso de germinación las reservas de nutrientes principalmente almidón y cuerpos proteicos son convertidos en compuestos básicos y aminoácidos para suplir el crecimiento y la elongación del embrión (Taiz y Zieger, 2006).

La capacidad de retrasar el proceso de germinación hasta que las condiciones ambientales sean ideales, que permitan los mecanismos de sobrevivencia de las plántulas, es conocida como dormancia (Coopeland y McDonald, 1995).

Existen dos tipos de dormancia: La primaria que esta relacionada con la necesidad de frío para estimular la germinación; y la dormancia secundaria la cual incluye a varios tipos como la dormancia fisiológica, morfológica, morfofisiología, física y combinatoria. La dormancia física se da cuando las semillas tienen una cubierta seminal impermeable que impide la imbibición del agua. Las cubiertas seminales duras comprimen el embrión, que no suele ser durmiente (Mantilla, 2008).

Algunas familias como la Fabáceae presentan problemas de permeabilidad del agua. El efecto de las testa puede ser mecánico o químico debido a la presencia de

inhibidores fenólicos, impidiendo el flujo necesario de agua y oxígeno para la germinación (Bewlew y Black, 1994).

En condiciones naturales algunas especies conservan sus semillas en latencia para asegurar la supervivencia de la especie bajo condiciones desfavorables para el desarrollo de las plántulas. Eso causa irregularidad en la germinación provocando retardo en el establecimiento de la especie. Las causas más comunes de latencia son la presencia de altos niveles de inhibidores del crecimiento que bloquean las sustancias estimulantes y la presencia de una cutícula impermeable al agua y al oxígeno (Sanabria, 2001).

La formación, dispersión y germinación de semillas, son eventos fundamentales en el ciclo de vida de las plantas gimnospermas y angiospermas. La propagación sexual de las plantas se da por medio de las semillas, las cuales tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie (Bradford, 2007).

Las semillas de muchas especies angiospermas se encuentran encerradas al interior de frutos que las protegen hasta llegar a la madurez. La semilla consta de tres partes básicas: embrión, endospermo, y las cubiertas seminales.

Las cubiertas seminales proporcionan protección mecánica al embrión, como resultado hacen posible su transporte (dispersión) y su almacenamiento (dormancia). Estas cubiertas pueden contener sustancias reguladoras del proceso de germinación (Navarro, 2002).

La testa de la semilla esta formada externamente por los integumentos que representan los tejidos maternos del óvulo (Finch-Savage, 2006).

Dependiendo en la tolerancia a la deshidratación se pueden clasificar las semillas en ortodoxas o recalcitrantes. Las semillas ortodoxas toleran entre el 5 y 10% de deshidratación en el contenido de humedad, mientras que las recalcitrantes

pueden tolerar hasta un 50%. Las semillas recalcitrantes no experimentan deshidratación en la planta madre y, sin detener su desarrollo pasan directamente a la germinación, aun cuando ocurren algunos casos de latencia (Magnitskly, 2007).

Para mejorar el comportamiento germinativo de especies agrícolas se utiliza tratamientos pre germinativos de las semillas para la revigorización de semillas envejecidas y el aumento de la velocidad en la germinación y rendimiento de las plantas en condiciones óptimas y adversas (Bradford, 2007).

La mayoría de las especies de Acacia tiene una envoltura en la semilla que es impermeable al agua y provoca el reposo de la semilla por lo que la germinación se puede retrasar. Existen algunos procesos pregerminativos que permiten atravesar esta envoltura impermeable. El embebido en ácido sulfúrico concentrado es el método más común para el tratamiento de las semillas de acacia (FAO, 2011). El efecto sobre el tegumento de la semilla es similar al del hervido prolongado, de tal forma que el tegumento queda flojo y perforado superficialmente. Esta técnica de escarificación requiere una cantidad de ácido sulfúrico de grado comercial (95%, 36N), recipientes resistentes al ácido, recipientes de alambre y tamices y una abundante disponibilidad de agua para enjuagar la semilla después del tratamiento (FAO, 2011).

Un estudio realizado en Venezuela sobre la escarificación de distintas especies entre ellas *V. macracantha*, obtuvo como resultados que los tratamientos de escarificación química incrementaron el porcentaje y la velocidad de emergencia. El mejor porcentaje de germinación fue de más de 90%, este tratamiento utilizó Ácido sulfúrico al 98% durante 12 minutos (Hernández de Bernal, 2011).

De igual manera varios estudios en escarificación de semillas en dormancia han demostrado que la escarificación química obtuvo mejores resultados para incrementar el porcentaje de germinación. El tratamiento más utilizado es inmersiones en ácido Sulfúrico al 98% en distintos lapsos de tiempo (D' Aubeterre,pp]\ 2002).

5.-MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Recolección y procesamiento de semillas

Para este proyecto se utilizó semillas de *Vachellia macracantha*. Todas las semillas se recolectaron de un mismo árbol adulto ubicado en la localidad de Puembo, en el valle de Tumbaco en las afueras de la ciudad de Quito. Las semillas vienen dentro de vainas de alrededor de 10 cm de largo (Ver figura 1). Cada vaina contiene aproximadamente 15 semillas y cada semilla pesa 28 gramos en

promedio (Ver figura 2). El endospermo de cada semilla esta recubierto de un epispermo grueso y de tono verde o café.

Con ayuda de un martillo se rompió las vainas (Ver figura 3). Después de retirar las semillas de cada vaina se procedió a seleccionarlas mediante la remoción de semillas muy pequeñas, muy grandes, dañadas o quemadas, con perforaciones y todas las que tuviesen formas irregulares.

Después de la selección de las semillas, esta fueron embebida por 24 horas en agua antes de cada tratamiento de escarificación.



Figura 1. Vainas de *Vachellia macracantha*



Figura 2. Tamaño de Semilla de *Vachellia macracantha* en relación a una moneda



Figura 3. Procesamiento de semillas usando un martillo.

5.2.1- Métodos de escarificación química

Para estos tratamientos se utilizó ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido nítrico (HNO_3), y ácido fosfórico ($H_2 PO_4$). Los ácidos fueron colocados en un vasos de precipitación y en ellos las semillas que luego se las recolectó en un tamiz por donde se vertió el ácido a otro vaso de precipitación. Cada tratamiento difiere en tiempo y en el tipo de ácido utilizado. En la tabla 1 se muestra la nominación que se dio a cada uno de los tratamientos. Aquellos en los que se utilizó ácido sulfúrico se nominó con una S, ácido nítrico con N y ácido fosfórico con una P, seguidos por un número que representa los minutos de inmersión en cada ácido.

Tabla 1: Nominación de métodos químicos

Tiempo\Ácido	Ácido Sulfúrico	Ácido fosfórico	Ácido nítrico
5'	S5	P5	N5
10'	S10	P10	N10
15'	S15	P15	N15
20'	S20	P20	N20
25'	S25	P25	N25

5.2.2 Métodos de escarificación física

Para la escarificación física se utilizó un esmeril, el cual creó una pequeña ranura a un costado de la semilla. También se utilizó un alicate (corta uñas) para seccionar un pequeño fragmento al costado de la semilla. El último método físico fue la embeber las semilla durante 10 minutos, este es el proceso de sumergir las semillas en agua hirviendo (temperatura de 96°C). En la tabla 2 se muestra los tratamientos con métodos físicos nombrados con la inicial de cada proceso

Tabla 2: Nominación de tratamientos físicos

Tratamiento	Nominación
Limado	L
Corte	C
Embebido	E
Control	Ct

5.3.- Métodos de siembra de la semilla

Para la siembra de las semillas escarificadas y el control sin tratar se utilizaron bandejas plásticas con semilleros de 1.5 cm de lado, volumen de 12 mL, cada bandeja tiene 200 cavidades. Como sustrato se utilizó turba de estructura mediana, marca Stender.

Las semillas escarificadas se sembraron en las bandejas plásticas llenas de turba .

Para los métodos químicos se sembraron los cinco tratamientos y el control en cada bandeja, 30 semillas de cada tratamiento por bandeja y en cada repetición se utilizó un total de 3 bandejas por ácido, para sumar 90 semillas por cada tratamiento. En la figura 4 se muestra la disposición de los tratamientos en las bandejas, cada (x) representa una semilla.

S5	S10	S15	S20	S25	Ct		
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 4. Disposición de siembra, métodos químicos

Para la siembra de las semillas tratadas con métodos físicos se sembraron 90 semillas de cada tratamiento por bandeja, es decir, por cada bandeja se sembraron dos tratamientos (Ver figura 5).

L										C									
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Figura 5. Disposición de siembra, métodos físicos.

Se utilizaron 19 tratamientos junto con tres repeticiones de cada tratamiento. Cada repetición tuvo una diferencia de tiempo de tres semanas. Las bandejas se mantuvieron en condiciones controladas bajo invernadero y se realizaron riegos cada 3 días permanentemente durante los 2 meses que duró el ensayo.

5.4.- Variables a medir y análisis estadístico

Los datos que se presentan fueron recogidos a los 2 meses de sembradas las semillas. Se midieron tres variables en el estudio: porcentaje de germinación, número de hojas y altura de plantas.

Para la variable de porcentaje de germinación se muestra los valores en porcentajes.

Para la variable de número de hojas se contabilizó por numero de hojas compuestas. Las hojas compuesta están formadas por partes llamadas foliolos que se encuentran unidas en un solo peciolo (Ver figura 6) .

Para la variable de altura de plantas se muestra los valores en centímetros. Se utilizó una regla para medir las plántulas.

Se utilizó el diseño bloques completos al azar. Se analizaron los datos con un prueba de significancia al 0.05% la cual ayuda a determinar si existe diferencia estadística entre cada tratamiento. También se determinó rangos con la prueba de Tukey para determinar grupos con significancia estadística



Figura 6. Hojas compuestas de *Vachellia macaracantha*

Para la variable de altura de plantas se muestra los valores en centímetros. Se utilizó una regla para medir las plántulas.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar. Con 19 tratamientos y 3 repeticiones. Se analizaron los datos con un prueba de significancia al 0.05% la cual ayuda a determinar si existe diferencia estadística entre cada tratamiento.

También se determinó rangos con la prueba de Tukey para determinar grupos con significancia estadística

6.- RESULTADOS

6.1 Resultados de tratamientos de escarificación por métodos químicos

6.1.1 Resultados de germinación usando métodos de escarificación química.

No existió diferencia significativa en el porcentaje de germinación utilizando métodos de escarificación química. El tratamiento químico con el porcentaje de germinación más alto fue el S15, es decir, inmersión en ácido sulfúrico durante 15 minutos, alcanzó casi el 10 % de germinación. El menor porcentaje lo obtuvo el tratamiento P5, es decir, inmersión en ácido fosfórico por 5 minutos con el 3.6 % de germinación. El tratamiento de control alcanzó el 5% de germinación. Debido a que no existió diferencia estadística no se pudo utilizar la prueba de Tukey para establecer rangos.

Las figuras 7, 8, y 9 muestran las plántulas de dos meses germinadas a través de los tratamientos de escarificación química con ácido sulfúrico, nítrico y fosfórico.



Figura 7. Plántulas a los 2 meses de germinación con tratamientos de escarificación química mediante ácido sulfúrico



Figura 8. Plántulas a los 2 meses de germinación con tratamientos de escarificación química mediante ácido nítrico



Figura 9. Plántulas a los 2 meses de germinación con tratamientos de escarificación química mediante ácido fosfórico.

La figura 10 muestra los porcentajes germinación alcanzados por todos los tratamientos químicos, es decir, los tres ácidos a distintos tiempos.

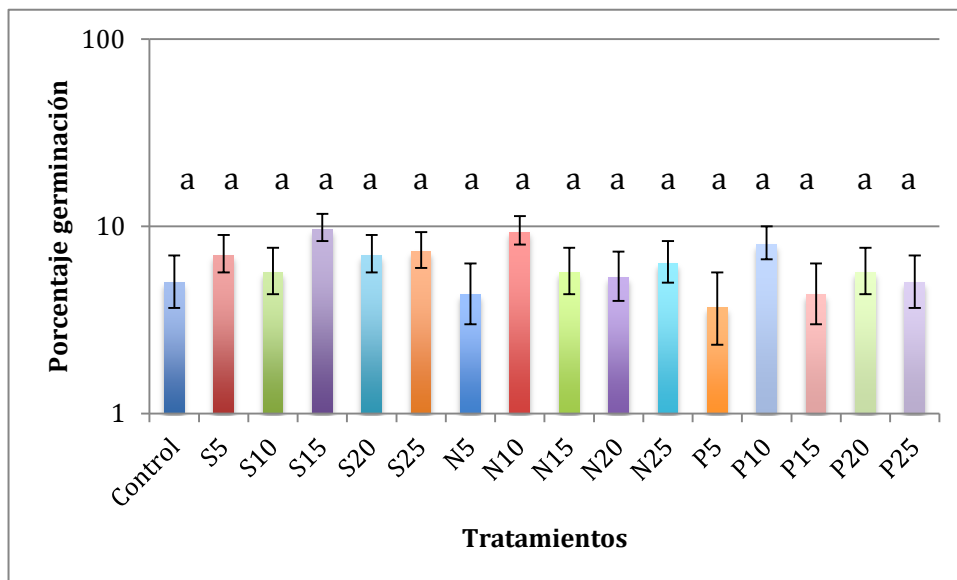


Figura 10. . Porcentaje de germinación de los tratamientos químicos. Los tratamiento con ácido sulfúrico son abreviados con S, ácido nítrico con N y ácido fosfórico con P. Los números juntos a las letras son los tratamientos de exposición al ácido (minutos). Análisis de estadístico ANOVA con rango de separación de medias de Tukey al 0.05%. Las barras representan la desviación estándar (I).

6.1.2 Resultados de la altura de planta usando métodos de escarificación química.

No existió diferencia significativa en los resultados de la altura de planta utilizando métodos de escarificación química. El tratamiento S25, es decir, inmersión de las semillas en ácido sulfúrico por 25 minutos, fue el tratamiento con la mayor altura media de plantas alcanzando 9.37 cm de altura. El tratamiento N10, es decir, inmersión en ácido nítrico por 10 minutos obtuvo la media más baja con 5.07 cm de altura. El tratamiento control obtuvo 5.53 cm de altura media. La figura 11 muestra la altura en centímetros de cada tratamiento dentro de los métodos químicos para la escarificación de las semillas.

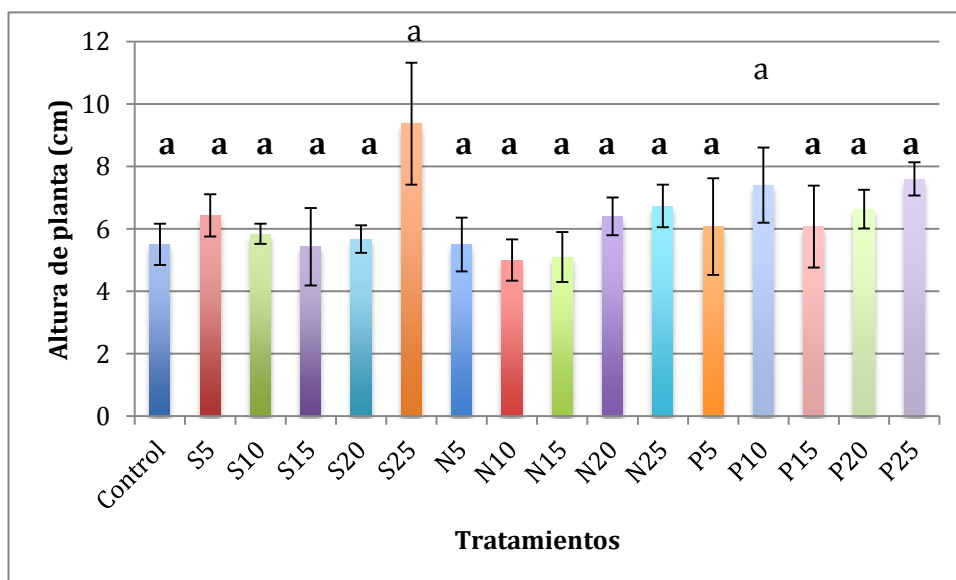


Figura 11. Evaluación de la altura de plantas de los tratamientos químicos. Los tratamiento con ácido sulfúrico son abreviados con S, ácido nítrico con N y ácido fosfórico con P. Los números junto a las letras son los tratamientos de exposición al ácido (minutos). Análisis de estadístico ANOVA con rango de separación de medias de Tukey al 0.05%. Las barras representan la desviación estándar (I).

6.1.3 Resultados del número de hojas usando métodos de escarificación química.

No existió diferencia significativa en los resultados del número de hojas utilizando métodos de escarificación química. El tratamiento P10, es decir, inmersión de las semillas en ácido fosfórico por 10 minutos, fue el tratamiento con el mayor número de hojas con una media de 20.38 hojas por planta. El tratamiento N5, es decir, inmersión en ácido nítrico por 5 minutos obtuvo la media más baja con 13.30 hojas por planta. El tratamiento control obtuvo una media de 13.86 hojas por planta. La figura 12 muestra el número de hojas de cada tratamiento dentro de los métodos químicos para la escarificación de las semillas.

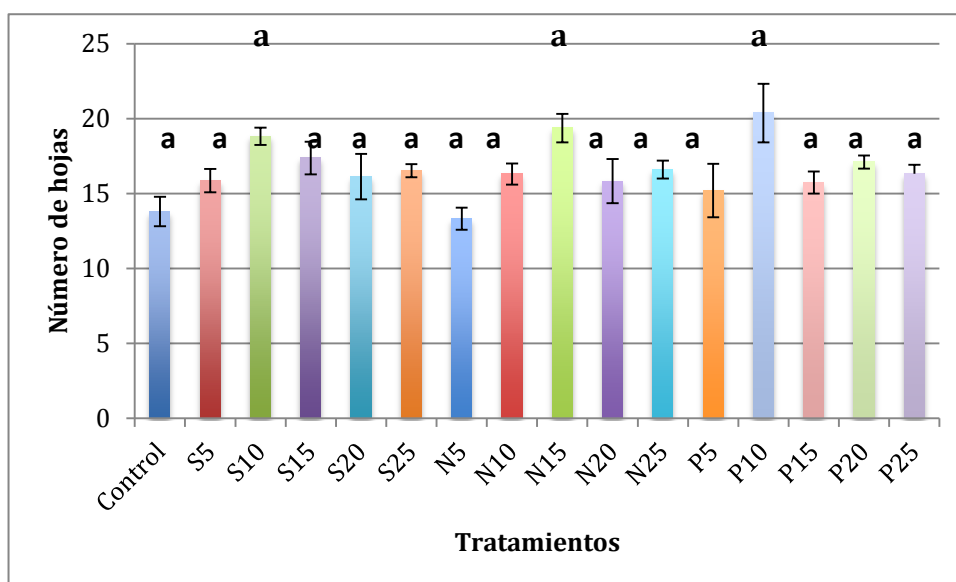


Figura 12. Evaluación del número de hojas por plantas de los tratamientos químicos. Los tratamientos con ácido sulfúrico son abreviados con S, ácido nítrico con N y ácido fosfórico con P. Los números juntos a las letras son los tratamientos de exposición al ácido (minutos). Análisis de estadístico ANOVA con rango de

separación de medias de Tukey al 0.05%. Las barras representan la desviación estándar (I).

6.2 Resultados de tratamiento físicos

6.2.1 Resultados de germinación usando métodos de escarificación física.

Existió diferencia significativa en los resultados del porcentaje de germinación utilizando métodos de escarificación física. El tratamiento L y C, es decir, el proceso de limar y de cortar las semillas, fueron los tratamientos más exitosos. Con la prueba de Tukey se pudo clasificar a estos tratamientos en el rango A seguido del resto de tratamientos que se encuentran en el rango B. El tratamiento con el mayor porcentaje de germinación es el L que alcanzó el 46.33% de germinación. El tratamiento E, es decir, el embebido en agua hirviendo por 10 minutos obtuvo el porcentaje más bajo con el 12.67% de germinación. El tratamiento control obtuvo un porcentaje de 5.03% de germinación. La figura 13 muestra las plántulas de dos meses germinadas a través de los tratamientos de escarificación química.

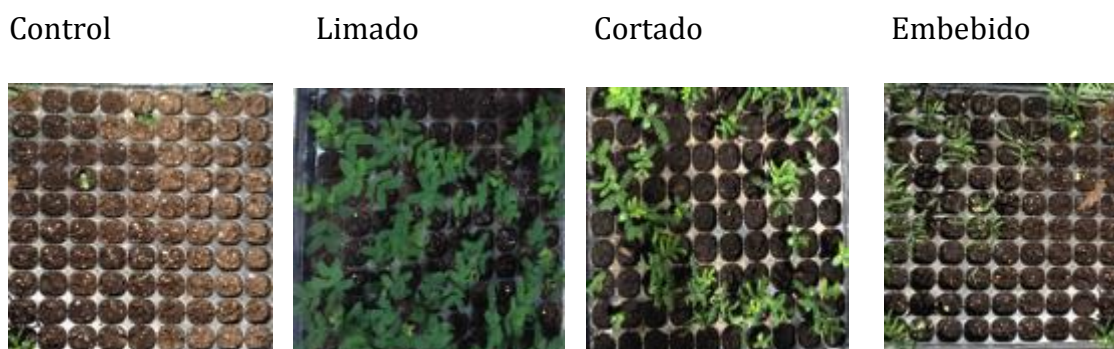


Figura 13. Plántulas a los 2 meses de germinación con tratamientos de escarificación física

La figura 14 muestra el porcentaje de germinación de cada tratamiento dentro de los métodos físicos para la escarificación de las semilla.

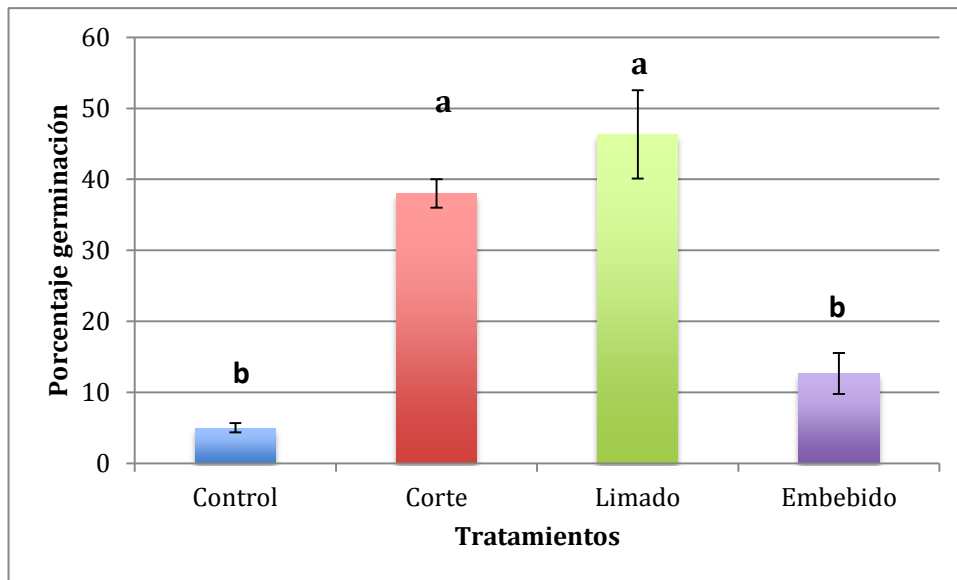


Figura 14. Porcentaje de germinación de los tratamientos físicos.. Análisis de estadístico ANOVA con rango de separación de medias de Tukey al 0,05%. Las barras representan la desviación estándar (I) .

6.1.2 Resultados de la altura de planta usando métodos de escarificación física.

No existió diferencia significativa en los resultados de la altura de planta utilizando métodos de escarificación física. El tratamiento de cortado de la semillas, fue el que alcanzo la mayor altura media de plantas llegando a 8.9 cm de altura. El tratamiento E, es decir, embebido en agua hirviendo por 10 minutos, obtuvo la media más baja con 6.4 cm de altura. El tratamiento control obtuvo 5.5 cm de

altura media. La figura 15 muestra la altura en centímetros de cada tratamiento dentro de los métodos físicos para la escarificación de las semillas.

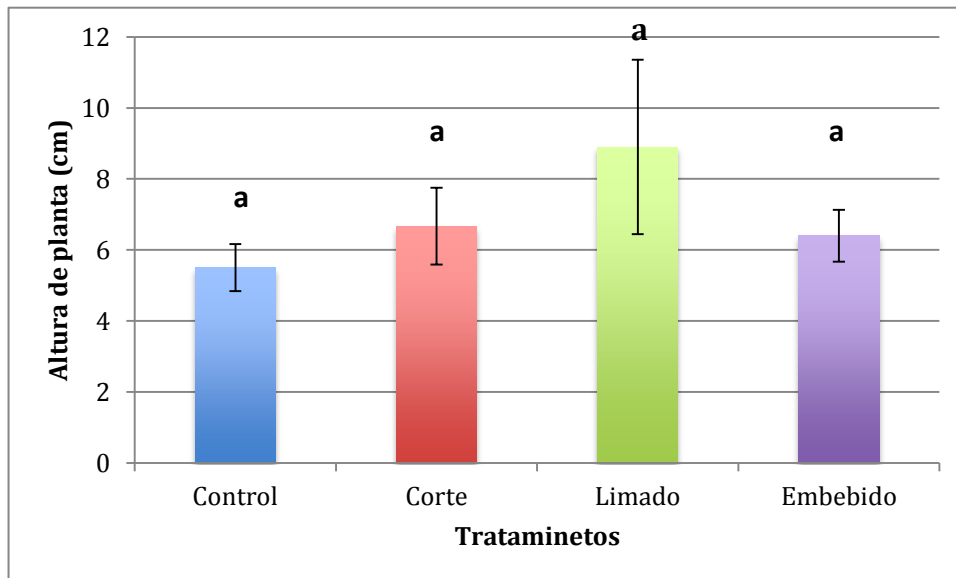


Figura 15. Evaluación de la altura de planta de los tratamientos físicos.. Análisis de estadístico ANOVA con rango de separación de medias de Tukey al 0.05%. Las barras representan la desviación estándar (I) .

6.1.3 Resultados del número de hojas usando métodos de escarificación física

No existió diferencia significativa en los resultados del número de hojas por planta utilizando métodos de escarificación física. El tratamiento L, es decir, el limado a un costado de la semillas, fue el tratamiento con la mayor número de hojas alcanzando una media de 18.4 hojas por planta. El tratamiento E, es decir, embebido en agua hirviendo por 10 minutos, obtuvo la media más baja con una media de 15.52 hojas por planta. El tratamiento control obtuvo una media de 13.84 hojas por planta. La figura 16 muestra el número de hojas de cada tratamiento dentro de los métodos físicos para la escarificación de las semillas.

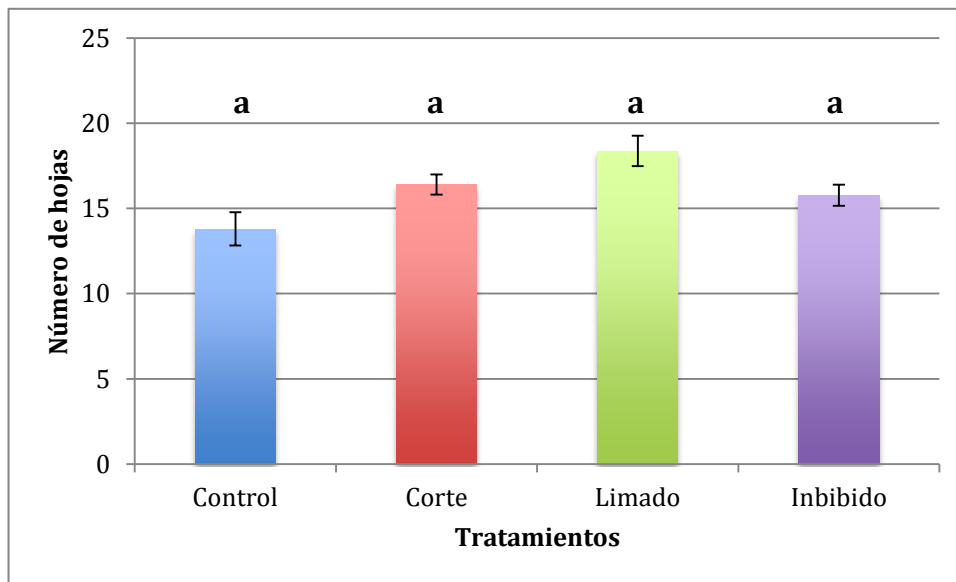


Figura 16. Evaluación del número de hojas por planta de los tratamientos físicos. Análisis de estadístico ANOVA con rango de separación de medias de Tukey al 0.05%. Las barras representan la desviación estándar (I).

6.3 Comparación de los tratamientos de escarificación físicos y químicos

Existió diferencia significativa en la variable porcentaje de germinación entre tratamientos. Con la prueba de Tukey se pudo observar que los tratamientos de limado(L) y cortado©, fueron los más efectivos y se encuentran dentro del rango a, mientras que todos los demás tratamientos, incluyendo el control, fueron iguales y menos efectivos. Se encuentran en el rango b. (Ver figura 17).

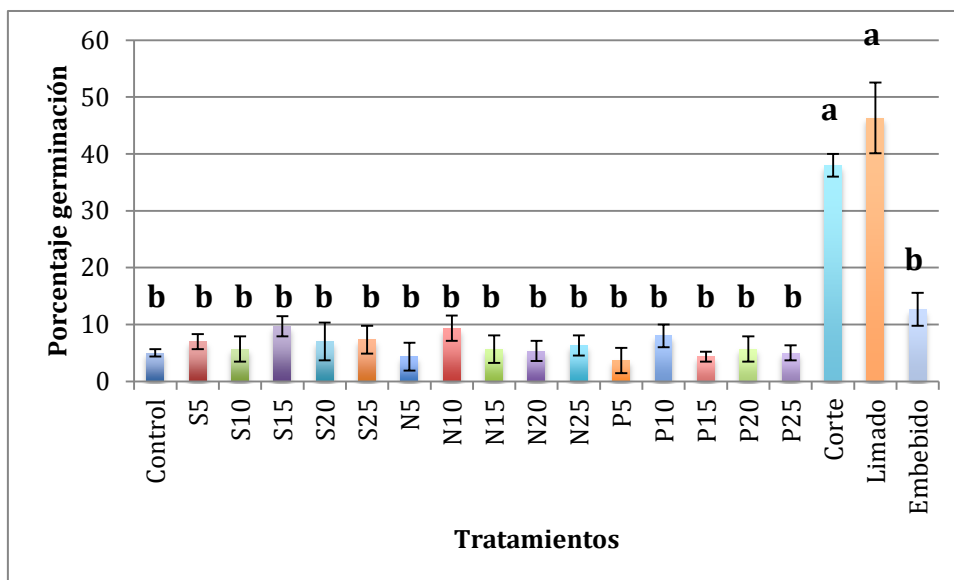


Figura 17. Comparación del porcentaje de germinación de los 19 tratamientos. Los tratamientos con ácido sulfúrico son abreviados con S, ácido nítrico con N y ácido fosfórico con P. Los números juntos a las letras son los tratamientos de exposición del ácido (minutos). Análisis estadístico ANOVA con rango de separación de medias de Tukey al 0.05%. Las barras representan la desviación estándar (I).

7.- DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio, demuestran que la escarificación con métodos químicos no mejoran la germinación de *Vachellia macracantha*, es muy probable que esto se deba a que en este ensayo se probaron solo ácidos al 50% de la concentración que no pudieron permeabilizar la testa de la semilla para que se de el proceso de germinación. En contraste con los encontrado por Hernández de Bernal et al. (2011) el cual utilizó ácido sulfúrico concentrado por 12 minutos y se logró alcanzar porcentajes muy altos de germinación, de hasta 95%. Al comparar los resultados de estos estudios se infiere que se necesitan ácidos concentrados para escarificar semillas de esta especie.

Además, en los métodos químicos, también es probable que los tiempos de inmersión en los ácidos no fueron lo suficientemente largos en el presente estudio. En el estudio de Martínez (2008) con métodos químicos para la escarificación de semillas de *Lupinus bilineatus* se encontró que la inmersión de las semillas en ácido sulfúrico al 50 % por 30 o 40 minutos fue el mejor tratamiento alcanzando el 82% de germinación. Estos resultados son mucho mayores a los conseguidos en la presente investigación, a parte de que son distintas especies, esto puede deberse a que si bien se utilizó el mismo ácido, a la misma concentración, el tiempo de inmersión es casi el doble de los tiempos probados en el presente estudio.

Esto se puede observar también en el estudio de Sanabria (2001) en el cual por mas que se utilizó ácido sulfúrico concentrado en se requirió de un tiempo de inmersión de 32 minutos para que exista diferencia estadística con el control, es decir, solo se pudo mejorar los porcentajes de germinación al probar tiempos mayores a 32 minutos.

Basado en esto se podría suponer que para que la escarificación química logre permeabilizar la cubierta seminal de las semillas es necesario probar tiempos mayores a los 30 minutos.

Por otra parte el estudio de D' Aubeterre (2002) probó métodos físicos y químicos para la escarificación de tres especies de *Prosopis*. Se observó que en dos de las especies tanto los métodos químicos como los físicos tuvieron una diferencia estadística con los otros tratamientos. Excepto para una de las especies no se obtuvo diferencia estadística, de acuerdo a los resultados antes mencionados y los obtenidos en el presente estudio se puede inferir que el método de escarificación más adecuado varía según la especie que se quiere reproducir, ya que en la presente investigación los métodos químicos no tuvieron diferencia estadística con el control mientras que los métodos físicos sí. Por el contrario, D' Aubeterre (2002) obtuvo resultados más exitosos con los métodos químicos.

En cuanto a los métodos físicos, al comparar los resultados del estudio de Rodríguez et al. (1982) en semillas de *Leucaena sp.* se puede observar que se logró incrementar de manera significativa los porcentajes de germinación en relación al control, al utilizar el método del embebido en agua hirviendo por 3 minutos. A diferencia de esta investigación, en el presente estudio se sumergió las semillas de *V. macracantha* por 10 minutos en agua hirviendo, y sólo se obtuvo un 12 % de germinación lo cual no llegó a ser suficiente para tener diferencia estadística con el control. Se puede suponer entonces que la escarificación física con el método del embebido depende en gran medida de la especie a escarificar, asimismo, el tiempo de inmersión de la semilla dependerá de cada especie.

En los resultados obtenidos en el presente estudio se observó que el testigo control apenas alcanza un porcentaje de germinación del 5 %. El tratamiento físico

mediante limado fue el más exitoso alcanzando 46.32% de germinación. Es un incremento importante en porcentaje de germinación por lo que esta información puede ser útil para la reproducción masiva de *V. macracantha*.

Con los resultados que se encontraron en este estudio se busca ofrecer alternativas para la propagación de *V. macracantha* para posteriormente impulsar a los agricultores a optar por los sistemas agroforestales en los que se incluya esta especie , y se genere interés por la conservación de la flora y fauna del bosque seco.

8.-CONCLUSIONES

Al término de este estudio se encontraron las siguientes conclusiones:

- Los tratamientos químicos utilizando ácidos al 50 % no fueron lo suficientemente fuertes como para romper la cubierta impermeable de la semilla.
- Los tratamientos de escarificación química no tuvieron diferencia significativa en las variables de porcentaje de germinación, altura de planta y número de hojas.
- Los tratamientos de escarificación física tuvieron efecto en el porcentaje de germinación. Existió diferencia significativa entre el tratamiento de limado y cortado en comparación al tratamiento control.
- Los tratamientos de escarificación física mejoraron significativamente la germinación por tanto el agua pudo ingresar al interior de la semilla.
- Los tratamientos de escarificación física no tuvieron diferencia significativa en las variables de altura de planta y número de hojas.

- Los tratamientos de escarificación física no tuvieron diferencia significativa en la variable altura de planta.
- La altura de las plantas dependió del tiempo de vida que llevaba la planta desde que germinó, mas no del tipo de método que se utilizó en su escarificación. Todas las semillas que germinaron, lo hicieron alrededor del décimo día por lo que no se vió una relación entre el tratamiento y la altura de las plantas.
- El número de hojas no estuvo relacionado al tratamiento de escarificación sino al vigor de la planta.
- El método físico del embebido de las semillas en agua hirviendo, aunque fue el mejor de su rango, no logró tener una diferencia significativa con los métodos químicos y el control. Se alcanzó el 12% de semillas germinadas.

9. RECOMENDACIONES

Al término de este estudio se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- Para los tratamientos de escarificación química utilizar ácidos concentrados, es decir, de al menos un 95% de concentración.
- Probar tiempos de inmersión en ácidos mayores a los 30 minutos para permitir la permeabilización de las semillas en dormancia física.
- Utilizar desinfectantes de semillas para evitar el ataque de patógenos y de esta manera mantener la homogenización de las mismas dentro del estudio.

- Medir y controlar datos de temperatura, humedad, y luminosidad si es posible para evitar diferencias ambientales entre los tratamientos que pueden alterar los resultados.
- Difundir un artículo que resuma los resultados de este estudio a las entidades encargadas de los espacios públicos, con la finalidad de que el trabajo de multiplicación de esta especie sea más factible.
- Tanto las entidades gubernamentales, así como la comunidad científica deberían compartir esta información con los agricultores y campesinos para que tengan más alternativas, y como resultado se pueda ver una mejora en su nivel de vida y en la conservación de los ecosistemas altoandinos.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, J. (2014). *Especies leñosas y cultivos objetivos para sistemas agroforestales en zonas semiáridas del sur del Ecuador*. Ediciones Abya-Yala. Quito, Ecuador. pp. 351-374.
- Aguirre, M. Kvist, L. Sánchez, O. (2006). *Bosques secos en Ecuador y su diversidad*. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.; 162-187
- Amezquita, M. (2002). *Investigación en arboles forrajeros; Curso corto intensivo sobre técnicas agroforestales con énfasis en la medición de parámetros biológicos y socioeconómicos*. CATIE. Costa Rica
- Aparicio-Tejo, P. Arrese-Igor, B. (2008). *Fundamentos de Fisiología Vegetal .Fijación Biológica de Nitrógeno*. Macgrw-Hill. Interamericana. Universitat de Barcelona.16: 305-308
- Beer, J. (1988). *Agroforestry Systems Litter production and nutrient cycling in coffee (Coffea arabica) or cacao (Theobroma cacao) plantations with shade trees, 7: 103-114.*
- Bewley, D. Black, M. (1994.) *Seeds: Physiology of development and germination*. Plenum press, New York, 445pp
- Botero, L. & Rodríguez, D. (2006). *Costo de Producción de un litro de leche en una ganadería de sistema doble propósito, Magangué, Bolívar*. Revista MVZ de Córdoba, 11(2), 806-815
- Bradford, J. Nonogaky, H. (2007). *Seed development, dormancy and germination*. Blackwell publishing, oxford, UK, 307 pp
- Burley , A. Speedy, W. (1998.). *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*. Instituto Forestal de Oxford (OFI). South Parks Road, Oxford OXI 3RB. Reino Unido .pp. 13-25
- Casado, C. Benezra. O. Colmenares , N. Martínez, J. (2001). *Evaluación del bosque decido como recurso alimenticio para bovinos en los llanos centrales de Venezuela*. Zoot. Trop., 19(2):139-150
- Casiva, P. Vilardi, C. Cialdella ,M. Saidman B. (2004). *Mating system and population structure of Acacia aroma and A. Macracantha*. American Journal of Bottany. 91(1): 58-64
- Copeland, L. McDonald, B. (1995). *Principles of seed Science and Technology*. Third edition. Chapman & Hall. New York. 409 p.

- D'Aubeterre, M. Garcia, T. (2002). *Efecto de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación de tres especies del género Prosopis*. Revista Científica NEO. 12:575–577
- De Andrade, C. Valentim, J. Carneiro, J. Vaz, F. (2004). *Growth of tropical forage grasses and legumes under shade*. Pesq. Agropec. Bras. 39:263
- Domínguez, C. Baldizan, A. Pizzani, P. (2003). Caracterización y respuesta animal. *Los bosques deciduos y semideciduos y los sistemas de producción vacuna en el eje norte llanero*. IDESSA. Venezuela.
- Espinoza, F. Díaz, V. Hidalgo, L. Folache, J. Palma, L. (2007). *Respuesta productiva de vacas de doble propósito pastoreando soca de sorgo (Sorghum bicolor) con dieta líquida*. Maracay. Aragua. Venezuela.
- Fajardo, L. Gonzalez, V. Nassar, J. Lacabana, P. Portillo, Q. Carrasquel, F. Rodríguez, J. (2005). *Tropical Dry Forests of Venezuela: Characterisation and Current Conservation Status*. Biotropica 37:531-546.
- FAO. (2011) *Tratamiento para estimular la germinación de la semilla. Manual sobre las semillas de Acacias de zonas secas*. Depósito de Documentos de la FAO.
- Ferreira, E. Peralta, A. Sadzawka, F. Valenzuela, J. Muñoz, C. (1998). *Efecto de la aplicación de ácido sobre algunas características químicas del un suelo calcáreo*. Agricultura Técnica. 58(2) p. 163-170
- Finch-Savage, W. Leubner-Metzger, G. (2006). *Seed dormancy and the control of germination*. New Phytologist 171, 501-523
- Hernández de Bernal, N. Tizad, C. Freitas, Y. Diaz, J. Torrealba, E. Rodríguez, Z. (2011). *Evaluación de tratamientos pre germinativos para estimular la emergencia en cuatro especies forrajeras arbóreas*. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 28. 1:536-546
- Ibrahim, K. (1992). *Proceedings of the Prosopis symposium Prosopis species in the south-western United States, their utilization and research Prosopis species - aspects of their value, research and development.*, Durham, Reino Unido, p. 83-115. Roma,
- Janzen, D. (1988). *Tropical dry forests. The most endangered major tropical ecosystem*. Wilson (ed.), Biodiversity. National Academy Press, Washington D.C Pp.130-137
- Madsen, J. Balslev, H. (2001). *Flora of Puná Island. Plant resources on a Neotropical island*. Aarhus University Press, Aarhus. 289 p
- Matilla, A. (2008) . *Fundamentos de Fisiología Vegetal. Desarrollo y germinación de las semillas*. Macgrw-Hill. Interamericana. Universitat de Barcelona 27: 546-547

- Magnitskiy, S. Pasion, D. Burger, M. Bennett, J. Metzger, D. (2005) . *Viability, metabolic heat, and respiration rates of paclobutrazol treated verbena and marigold seeds*. Seed Tech. 27(2), 223-229
- Miles, L., Newton, A. DeFries, R. Ravilious, C. May, I. Blyth, S. Kapos, V. Gordon, J. (2006). *A global overview of the conservation status of tropical dry forests*. Journal of Biogeography 491-505.
- Nair, P. (1993). *An introduction to agroforestry*. Kluwer Academic Publishers ICRAF. Dordrecht, The Netherlands.
- Navarro, G. (2002). Geografía Ecológica de Bolivia: Vegetación y ambientes Acuáticos. *Vegetación y unidades biogeográficas de Bolivia*. Centro de Ecología y difusión Simon I. Patino. Cochabamba. Pp.2-500
- Nitis, P. Putra, S. Sukanten, W. Suarna, M. Lana, G. (1991). *Prospects for Increasing Forage Supply*. IACIAR Proceedings No. 32
- Oakley, L. Prado, D. (2011). *El dominio de los Bosques secos estacionales neotropicales y la presencia del arco pleisocénico en la república del Paraguay*. Universidad Nacional de Rosario. Argentina.2011: 55-57
- Pennington, R. Lavin, D. Prado, C. Pendry, S. Pell, A. Butterworth. M. (2004). *Historical climate change and speciation: Neotropically seasonally dry forests plants show patterns of both tertiary and quaternary diversification*. Philosophical Transactions from the Royal Society of London B. 359: 515-537.
- Resh, H. (1991). *Hydroponic food production*. 4th edition. Woodbridge Press Publishing Company. Santa Barbara, Ca, USA.
- Red de Acción en alternativas al uso de Agroquímicos-RAAA. (1999). *Manejo ecológico de suelos conceptos, experiencias y técnicas*. Lima. Perú.
- Rodríguez, P. Eguiatre, J. Hernandez, J. (1982). *Evaluación de diferentes métodos prácticos de escarificación en semillas de Leucaena leucocephala Lam. En condiciones de trópico semi seco*. Técnica Pecuaria Mexicana 48: 24-29
- Russo, M. Bruton, V. Sams, C. (2010). *Classification of temperature response in germination of Brassicas*. Industrial Crops and products 31, 48-51
- Sánchez, D. (1995). *Integration of livestock with perennial crops*. World Animal Review 82(1):50-57
- Sanabria, D. Silva, R. Oliveros, M. Barrios, R. (2001). *Escarificación química y mecánica de semillas subterráneas de Centrosema Rotundifolium*. Bioagro 13, 117-124

- Sierra, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para Ecuador Continental*. Proyecto INEFAN/GEF-BIRG y EcoCiencia. Quito. pp 194.
- Szott, L. Palmand, P. Sanchez, A.(1991). *Agroforestry in acid soilsohe humid tropics*. Adv Agron. 45:275-30
- Taiz, L. Zeiger, E.(2006). *Plant physiology*. 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, 764 pp
- Vásquez ,C. Muñoz, A,]. Alcocer, M. Días,M. Sanchez,C. *Arboles y Arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Proyecto J-084-CONABIO. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Vogel, A.W. (1999). *Conservar y Producir, cuidar el suelo para una agricultura sostenible*, Riobamba, Ec. Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo, Fondo Ecuatoriano Popolorun Progressio, ImpreFEPP, 125p.
- Williams, R. (2005). *Biodiversidad y Cultura de los bosques secos*. Ecuador y Perú. Bosques sin Fronteras. Artistas por naturaleza. P: 1-2

11. ANEXOS

Anexo 1. Tabla de datos de las tres repeticiones del porcentaje de germinación para los 19 tratamientos.

Porcentaje de germinación						
Tratamiento\Repetición	1	2	3	E trat	X ₋	Rango
S5	9	7	5	21	7	b
S10	4	4	9	17	5.67	b
S15	7	10	12	29	9.67	b
S20	5	12	4	21	7.00	b
S25	6	11	5	22	7.33	b
N5	3	2	8	13	4.33	b
N10	12	10	6	28	9.33	b
N15	2	7	8	17	5.67	b
N20	8	3	5	16	5.33	b
N25	9	5	5	19	6.33	b
P5	1	3	7	11	3.67	b
P10	6	7	11	24	8.00	b
P15	5	3	5	13	4.33	b
P20	4	9	4	17	5.67	b
P25	4	4	7	15	5.00	b
Corte	35	41	38	114	38.00	a
Limado	37	54	48	139	46.33	a
Embebido	12	9	17	38	12.67	b
Control	6	4	5	15	5	b

Anexo 2. Anova para el porcentaje de germinación

Anova					
FV	GL	SC	CM	Fc	Ft0.05
Total	56	7592.67			
Bloque	2	36.35	18.18	1.63NS	3.26
Tratamiento	18	7154.00	397.44	35.56*	1.93
Error Exp.	36	402.32	11.18		

*=Diferencia significativa ; NS=No significativo

Anexo 3. Prueba de tukey para el porcentaje de germinación

S	3.34
y	34.65
Cv	9.65
Sy	1.93
Sd	2.80
Q(0.05,18,36)	5.27
T	10.17

Anexo 4. Tabla de datos del número de hojas para las tres repeticiones en los 19 tratamientos

#Hojas			
Tratamiento\Repeticion	1	2	3
S5	16	14.4	17.2
S10	18.5	18	20
S15	17.6	16.5	18
S20	16.4	14.5	17.5
S25	15.5	15.3	18.8
N5	12.7	14	13.3
N10	15.2	17.1	16.6
N15	20	18.3	19.8
N20	16.4	16.7	14.4
N25	17.6	17.8	14.4
P5	16	14.3	15.3
P10	20.7	17.7	22.7
P15	16.4	18	12.8
P20	16	17.3	18
P25	16.3	17	55.7
Corte	15.5	17.3	16.4
Limado	19.7	18.3	17.1
Embebido	15.3	16.7	15.3
Control	14.5	14.5	12.4

Anexo 5. Anova para el número de hojas

Anova					
FV	GL	SC	CM	Fc	Ft0.05
Total	56	1738.44			
Bloque	2	53.30	26.65	0.92	3.26
Tratamiento	18	647.39	35.97	1.25	1.93
Error Exp.	36	1037.75	28.83		

Anexo 6. Prueba de Tukey para el número de hojas

S	5.37
y	17.29
Cv	31.05
Sy	3.10
Sd	4.38
Q(0.05,19,36)	5.31
T	16.46

Anexo 7. Tabla de datos de la altura en centímetros para las tres repeticiones en los 19 tratamientos

Altura(cm)			
Tratamiento\Repetición	1	2	3
S5	5.4	6.5	7.4
S10	6.3	5.7	5.5
S15	4.5	4.5	7.3
S20	5.7	6.3	5
S25	7.3	8.5	12.3
N5	4.2	5.6	6.7
N10	5.6	5.4	4
N15	4.5	4.5	6.3
N20	6.4	5.5	7.3
N25	7	7.5	5.7
P5	4.5	8.4	5.3
P10	8.2	5.6	8.4
P15	4.1	7.4	6.7
P20	5.7	7.1	7.1
P25	8.4	6.8	7.6
Corte	6.3	5.4	8.3
Limado	12.6	7.3	6.8
Embebido	7.3	6.6	5.3
Control	5.7	6.3	4.5

Anexo 8. Anova para la altura de planta

Anova					
FV	GL	SC	CM	Fc	Ft0.05
Total	56	157.91			
Bloque	2	1.84	0.92	0.41NS	3.26
Tratamiento	18	74.85	4.16	1.84NS	1.93
Error Exp.	36	81.22	2.26		

NS= No significativo

Anexo 9. Prueba de Tukey para la altura de planta

S	1.50
y	6.46
Cv	23.28
Sy	0.87
Sd	1.23
Q(0.05,19,36)	5.31
T	4.61

Anexo 10. Hoja de Vida

FRANCISCO JAVIER MALDONADO ARCINIEGAS

Email: franciscomalar@gmail.com • Tel: 593 3569090 • Celular: 2525605

PERFIL

Responsable, comprometido, cumplido, honesto, motivado, generoso, tolerante, emprendedor, creativo y curioso. Trato de dar lo mejor de mí, me interesa mucho el mantenerme aprendiendo nuevas habilidades y conceptos, soy bueno para escuchar y generar distintas alternativas para buscar la eficiencia.

Idiomas: Español, Inglés, Portugués

Programas de Computación: Cliente de Correo Electrónico, Hoja de Cálculo, Presentaciones, Procesador de Palabra, Mensajería Instantánea, Navegador Web, Redes Sociales, Videoconferencia, Sistemas Operativos

Ciudades de preferencia laboral: Quito, Guayaquil, Cuenca, Manta, Portoviejo, Riobamba, Machala, Esmeraldas, Ibarra, Loja, Babahoyo, Macas, Tena, Puyo, Nueva Loja, Ambato, Zamora, Santo Domingo, Puerto Baquerizo Moreno, Guaranda, Azogues, Tulcán, Latacunga

EDUCACION

Universidad San Francisco de Quito (Ecuador)
Ingeniería de Agroempresas (licenciatura)

Agosto 2009 - Julio 2014

Universidad San Francisco de Quito (Ecuador)
Licenciatura en Música Contemporánea

Agosto 2009 - Julio 2013

Jardín Botánico de Quito (Ecuador)
Certificado de participación

Julio 2013 - Julio 2013

EXPERIENCIA LABORAL

ENDE (Ecuador)
Tecino en inspección con Ultra sonido
Asistencia en Ensayos no destructivos

Octubre 2015 - Hasta el presente

Finca Chiche Obraje (Ecuador)
Dirección técnica

Manejo técnico, producción y comercialización de frutales, hortalizas, y productos apícolas.

Abril 2010 - Hasta el presente

PERSONAL

Trabajo independientemente en bienestar animal y conservación, he colaborado con la Fundación Arrayanes, con Un Techo Para Mi País, y con la Fundación Hatun Sacha en reforestación en áreas protegida