UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

CENTRO DE POSTGRADOS

MAESTRÍA EN SILVICULTURA

MENCIÓN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES

Proyecto de innovación para obtener el título de Magister en Silvicultura

ESTRATEGIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE RAMETOS DE *Juglans neotrópica* Diels, COMO CONTRIBUCIÓN A LA SILVICULTURA CLONAL

Autor: Darwin Augusto Valenzuela Erazo

Director: Dr. Yasiel Arteaga Crespo, PhD

Puyo-Ecuador

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.

Yo, **DARWIN AUGUSTO VALENZUELA ERAZO** con cédula de identidad **100290759-8**, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de Innovación titulado: "**ESTRATEGIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE RAMETOS DE *Juglans neotrópica* Diels, COMO CONTRIBUCIÓN A LA SILVICULTURA CLONAL**", es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Innovación son de exclusiva responsabilidad del autor; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.

_____

DARWIN AUGUSTO VALENZUELA ERAZO

C.I. 100290759-8

AUTOR

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

Centro de Postgrados

AVAL

Quien suscribe Dr. Yasiel Arteaga Crespo PhD, director del trabajo de titulación, modalidad Proyecto de innovación titulado: *"ESTRATEGIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE RAMETOS DE Juglans neotrópica Diels, COMO CONTRIBUCIÓN A LA SILVICULTURA CLONAL"* a cargo del Ing. Darwin Augusto Valenzuela Erazo, egresado de la primera cohorte de la Maestría en Silvicultura mención Manejo y Conservación de los Recursos Forestales, de la Universidad Estatal Amazónica.

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Innovación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución por lo que se encuentra listo para ser sustentado.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de innovación para que sea presentado ante el Centro de Postgrados como forma de titulación como Magister en Silvicultura mención Manejo y Conservación de los Recursos Forestales y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 24 días del mes de octubre del 2018.

Atentamente,

_____

Dr. Yasiel Artega Crespo PhD
DIRECTOR DE TESIS
DOCENTE TITULAR UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN CERTIFICA QUE:

El presente trabajo: "**ESTRATEGIAS PARA LA PRODUCCIÓN DE RAMETOS DE *Juglans neotrópica* Diels, COMO CONTRIBUCIÓN A LA SILVICULTURA CLONAL**", bajo la responsabilidad del egresado señor **DARWIN AUGUSTO VALENZUELA ERAZO**, ha sido meticulosamente revisada, autorizando su presentación:

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

……..
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Dr. Yudel García Q, PhD

……..
MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Dra. Dunia Chávez Esponda, PhD

……..
MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Sandra Soria Re, MsC

AGRADECIMIENTO

Primeramente, debo agradecer a Dios por darme la vida y la oportunidad de progresar académicamente.

Gracias a mis padres por ser el principal motor para alcanzar mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias por sus consejos y palabras que me guiaron durante toda mi vida.

Un agradecimiento profundo a la Ing. Verónica Guambo, que con esfuerzo dedicación y entrega me acompañó durante el proceso de investigación.

No podemos dejar de lado a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con la Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, la cual nos facilitó con el espacio físico para montar la investigación, y junto al Ing. Raúl Ramos por compartir su conocimiento y experiencia ¡Gracias! Un dios le pague.

Este es un momento muy especial que espero, perduré en el tiempo, no solo en la mente de las personas a quienes agradecí, sino también a quienes invirtieron su tiempo para echarle una mirada a mi proyecto de tesis; a ellos asimismo les agradezco con todo mi ser.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi amada esposa, Erika Elizabeth Palma Padilla, por su apoyo y ánimo que me brinda día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales, ejemplo de paciencia y perseverancia, muestra de amor incondicional.

A mi adorada hija, Sophia Paulet Valenzuela Palma, sé que posiblemente en este momento no entiendas mis palabras, pero para cuando seas capaz de hacerlo, quiero que te des cuenta de los significas para mí; eres la razón que me levanta cada día para esforzarme por el presente y el futuro, eres mi principal motivación, como en todos mis logros, en este te encuentras presente, muchas gracias mi pequeña princesa.

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto tuvo como objetivo desarrollar estrategias para la producción de rametos de *Juglans neotrópica* Diels, como contribución a la silvicultura clonal. Se evaluaron dosis de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) sobre plantas jóvenes. Se midió la altura del brote a los 22 y 29 días después de realizarse la poda; el diseño estadístico fue de bloques completos al azar. Se aplicó el estadístico de chi cuadrado para evaluar el efecto de la altura de poda según el número de yemas en la aparición de brotes y determinar el efecto de las disoluciones nutritivas de NPK en la aparición de brotes ortotrópicos. Se realizó el análisis de varianza para determinar el efecto de la dosis sobre la altura de los brotes. Se aplicó una prueba paramétrica de separación de medias para determinar el mejor tratamiento. Se efectuó un análisis de correlación entre los tratamientos y la altura. La producción de brotes en función de la altura de poda no presentó correlación significativa, mientras que para la producción de rametos en función de las dosis de NPK se obtuvo una correlación altamente significativa, lo que demostró que la combinación de nutrientes más efectiva para obtener brotes en menor tiempo fue con N25-P100-K100. El efecto de bloques no fue significativo. El efecto de la dosis fue altamente significativo, lo que denota que el crecimiento en altura de los brotes se encuentra influenciado por al menos uno o más tratamientos con dosis de NPK. La mayor altura se logró con N25-P100-K100.

PALABRAS CLAVES: Macro propagación, estaquillas, yemas, *Juglans neotropica*.

EXECUTIVE SUMMARY

The objective of the research was to develop strategies to produce Rametos of *Juglans neotrópica* Diels, as a contribution to clonal forestry. Doses of nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) were evaluated on young plants. The height of the shoot was measured at 22 and 29 days after pruning; the statistical design was randomized complete blocks. The chi-squared statistic was applied to evaluate the effect of pruning height according to the number of buds in the appearance of shoots and to determine the effect of nutritive solutions of NPK in the appearance of orthotropic buds. The analysis of variance was carried out to determine the effect of the dose on the height of the shoots. A parametric separation test was determined the best treatment. A correlation analysis between treatments and height was performed. The production of shoots in function of the height of pruning did not present significant correlation, whereas to produce rametos in function of the doses of NPK a highly significant correlation was obtained, which showed that the most effective fertilizers combination to get shoots in minor time was with N25-P100-K100. The effect of blocks was not significant. The effect of the dose was highly significant, which indicates that the height growth of the shoots is influenced by at least one or more treatments with NPK doses. The highest height was achieved with N25-P100-K100.

KEY WORDS: Macro propagation, cuttings, buds, *Juglans neotropica*.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 1
PROBLEMA CIENTÍFICO 3
HIPÓTESIS 3
OBJETIVOS 4
OBJETIVO GENERAL 4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 5
2.1 Ventajas de la reproducción asexual 5
2.2 Importancia de la multiplicación vegetativa del árbol plus 6
2.3 Generalidades de la micro y macro propagación 6
2.3.1 Estaquillado 7
2.4 Propagación vegetativa de mini estacas 7
2.5 Sustrato para el enraizamiento 8
2.6 Preparación de los rametos 8
2.7 Uso del enraizador y siembra de los rametos 9
2.8 Uso de fitohormonas para la formación de raíces 10
2.9 Uso de material joven en sistemas de macropropagación vegetativa 10
2.10 Nutrición vegetal e influencia en el desarrollo de las plantas 11
2.11 Silvicultura clonal 11
2.12 Jardines clonales 12
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS 14
3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 14
3.2 TÍPO DE INVESTIGACIÓN 14
3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN 14
3.3.1 Factores en estudio 15
3.3.1.1 Altura de poda 15
3.3.1.2 Disoluciones nutritivas 15
3.3.1.3 Tratamientos 15
3.3.1.4 Unidad experimental 16
3.4 TRATAMIENTO DE DATOS 16
3.4.1 Diseño experimental 16

3.4.2 Análisis estadístico. 17

3.4.2.1 Efecto de la poda según el número de yemas y la relación con la aparición de estaquillas según el efecto de las dosis nutritivas de NPK 17

3.4.2.2 Efecto de las disoluciones nutritivas en el tamaño del brote..... 18

3.4.3 Metodología 18

3.4.3.1 Para la preparación del material parental 18

3.4.3.2 Riego con disoluciones de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) 18

3.4.3.3 Poda de plantas madre 19

3.4.3.4 Toma de datos 19

3.5 RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES 19

3.5.1 Recursos humanos 19

3.5.2 Materiales 19

3.5.3 Reactivos 20

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 21

4.1 Resultados de la investigación..... 21

4.1.1 Relación de las dosis de NPK en el aparecimiento de los primeros brotes 21

4.1.2 Relación de la altura de poda según el número de yemas tres y cinco yemas con el aparecimiento de brotes 22

4.1.3 Relación de las dosis de NPK con la altura del brote..... 25

CONCLUSIONES. 32

RECOMENDACIONES. 33

BIBLIOGRAFÍA. 34

ANEXOS. 40

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Disoluciones nutritivas. 15

Tabla 2. Tratamientos para evaluar la respuesta de plantas jóvenes de *Juglans neotrópica* a técnicas de silvicultura clonal (podas, formación de plantas madre y nutrición). 16

Tabla 3. ANOVA para evaluar respuesta de plantas de *Juglans neotropica* a técnicas de silvicultura clonal (podas de formación en plantas madre y nutrición). 17

Tabla 4. Prueba de Chi-cuadrado para aparecimiento de brotes en relación con dosis nutritivas. 22

Tabla 5. Prueba de Chi-cuadrado para aparecimiento de brotes en relación con altura de poda. 23

Tabla 6. ANOVA de alturas (cm) de brotes a la tercera semana o 22 días. 26

Tabla 7. Prueba de Duncan al 5% para altura del brote(cm), a los 22 días. 28

Tabla 8. ANOVA de alturas (cm) de brotes a la cuarta semana o 29 días. 29

Tabla 9. Prueba de correlación de Pearson entre tratamientos y altura de brote. 30

Tabla 10. Prueba de Duncan al 5% para altura del brote(cm), a los 29 días. 31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plantas que presentan brotes a los 8, 15, 21, 28 días despues de realizarse la poda. 24

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En las dos últimas décadas del siglo XX, la actividad forestal basada en especies nativas sufrió una gran recesión. Esto se debió tanto a las circunstancias macroeconómicas como a la disminución de las especies maderables existentes, dejando lugar a maderas de uso industrial clásicas como *Pinus* sp. (pino), *Eucalyptus globulus* (eucalipto) en la sierra y *Tectona grandis* (teca), y *Gmelina arborea* (melina) en la costa. Actualmente, el mercado mundial muestra un creciente interés por maderas preciosas para obtener productos de alto valor con precios muy atractivos, sin embargo, la escasez de conocimientos sobre el manejo de especies forestales nativas y la falta de herramientas tecnológicas que posibiliten su cultivo comercial pone a estas especies en una situación crítica, comprometiendo tanto su conservación como su difusión.

La reforestación con especies nativas constituye una herramienta promisoria para la restauración de ecosistemas degradados (Aguirre *et al.*, 2007). La presión continúa e intensa que ejerce la población rural sobre los recursos naturales de la eco-región Andina, es uno de los puntos centrales de preocupación en la Agenda Nacional para lograr el desarrollo sostenible (Grijalva *et al.*, 2010). Entre las especies andinas, *Juglans neotrópica* (nogal), es de particular importancia para las comunidades locales, ya que además de proporcionar cobertura vegetal, es aprovechada también por sus propiedades medicinales y principalmente como madera fina que se usa para ebanistería y tallados (Geilfus y Bailon, 1994), además de propiedades alimenticias e industriales (Masias Bröcker, 2007; Ponce y Morales, 2011). El nogal como se le conoce en la región andina del Ecuador es una especie de altitud (1.500-3.000 m.s.n.m) y su distribución va desde Colombia hasta Bolivia (Mendez, 2000).

La forma más frecuente para el rescate de especies forestales con una baja tasa de germinación en estado natural es la multiplicación clonal, para lo cual la tala de individuos adultos induce a la aparición de brotes, además; existen otras técnicas como el anillamiento del tallo, poda de ramas, aplicación de quemas, propagación por injertos o micropropagación, hay que tener en cuenta que las especies reaccionan de diferente manera a la aplicación de estas técnicas.

La selección de un individuo en programas de silvicultura clonal este debe ser superior en su fase adulta, debe contener los caracteres o características deseables que justifiquen su multiplicación asexual, a través de diferentes procesos de brotación y enraizamiento (Alfenas *et al*., 2004).

La reproducción asexual o vegetativa es el proceso mediante el cual se multiplica o propaga un individuo mediante algún proceso de gemación y ello garantiza que todos los individuos resultantes son genéticamente idénticos (clon) y se minimiza el origen de tipos recombinantes (Murillo, 2015). Esto se debe a que en este proceso no participan las células reproductivas, no hay unión de gametos masculinos y femeninos, no hay reducción cromosómica o meiosis, ocurriendo sólo la mitosis, es decir la constitución genética y cualidades hereditarias son idénticas en todos los descendientes.

En *Juglans regia* la estratificación reduce las cantidades de inhibidores en las semillas resultando beneficioso para la germinación de esta especie (Marín *et al.,* 1969). Por su parte, López Carvajal y Piedrahíta Cardona, (1998) reportan una germinación que oscila entre el 40%-85% para varias especies del género *Juglans*, pero los mismos autores, concluyen que para *Juglans neotrópica* los tratamientos de estratificación durante 30 y 60 días no fueron eficaces para superar la latencia profunda en esta especie, sugiriendo que probablemente se requieren periodos de estratificación mayores, entre 90 y 120 días. De tal manera, al obtener una baja tasa de germinación la propagación sexual es baja, y la calidad de madera disminuye al existir una polinización cruzada, debido a que no se puede controlar los cruzamientos, como resultado final se obtiene plantaciones con árboles de baja calidad; obteniendo rendimientos bajos.

Por otro lado, el poco cuidado de los productores de plantas (vivero) en la recolección y uso de semillas de calidad genética superior (fuentes semilleras), y el limitado conocimiento desde el punto de vista genético de los técnicos que lideran u orientan procesos de repoblación forestal, ha provocado la degradación de los materiales existentes en el campo. Esto ha conllevado a tener logros limitados en los programas de reforestación con *Juglans neotrópica* y que exista poca motivación por los productores y silvicultores dedicados al establecimiento de plantaciones.

Por lo manifestado, la silvicultura clonal constituye una alternativa para procesos de selección genética y domesticación de las especies forestales, que permite que las plantas originadas de un mismo individuo (clon) sean genéticamente idénticas, lo que significa que un genotipo seleccionado o mejorado se puede multiplicar, propagar y conservar de manera uniforme todos sus caracteres. Obtener turnos en un menor período de tiempo, en comparación de lo que demanda el uso de la semilla sexual. La estabilidad genética de los clones se comprueba precisamente por la persistencia de los caracteres genéticos deseables en las plantas propagadas asexualmente. En especies dioicas no sería posible su reproducción de no ser vegetativamente.

Los impactos que se esperan generarán con la presente investigación desde el punto de vista ambiental es que se propondrá incrementar la cobertura arbórea con individuos que presentan fenotipos deseables, se aumentará la fertilidad del suelo, se mejorará la retención de humedad, estructura y contenido de nutrientes disponibles en el suelo, con la reforestación clonal se contribuirá a la reducción de la erosión hidráulica y eólica. Con respecto a los impactos sociales, se generará en las personas que se encuentran relacionados con la producción de madera, estrategias de producción con objetivos de mejoramiento genético para obtener mayores rendimientos reduciendo además turnos de aprovechamiento forestal. Con respecto al impacto científico; es de gran impacto, debido a que se aportará con el protocolo preliminar para realizar macropropagación de *Juglans neotropical* Diels., como contribución a la silvicultura clonal.

PROBLEMA CIENTÍFICO

Por tanto; ¿Cómo producir rametos de *Juglans neotropica* a partir de diferentes dosis nutricionales como alternativa a la silvicultura clonal?

HIPÓTESIS

Las plantas jóvenes de *Juglans neoptrópica* Diels, manifiestan respuesta favorable a la nutrición con dosis de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), en la producción de rametos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar estrategias para la producción de rametos de *Juglans neotrópica* Diels, como contribución a la silvicultura clonal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de la altura de poda de acuerdo con el número de yemas en la producción de brotes o rametos ortotrópicos en condiciones de vivero.
- Evaluar la respuesta de las plantas madre con respecto a la nutrición con dosis de disoluciones de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) en la aparición de brotes ortotrópicos.
- Evaluar la respuesta de plantas jóvenes de *Juglans neotrópica* Diels, a la nutrición con dosis de disoluciones de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) en la altura del brote.

CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Una de las características fundamentales de los organismos vivos, es la capacidad de reproducción. Esta propiedad, la poseen todos los organismos individuales y a nivel de poblaciones. En la implementación de un programa de mejoramiento genético y siembra comercial de cualquier especie, es importante conocer el modo de reproducción y la biología reproductiva, de tal manera que preceda cualquier consideración sobre los métodos de mejoramiento.

2.1 Ventajas de la reproducción asexual

Según Murillo (2012), señala los siguientes aspectos a considerarse para la reproducción asexual:

a) Las plantas clonales originadas de un mismo individuo son genéticamente idénticas, lo que significa que un genotipo seleccionado o mejorado se puede multiplicar, propagar y conservar uniforme en todos sus caracteres, aun cuando sea heterocigoto.

b) Los clones de igual constitución genética, pueden registrar variación por efecto del ambiente, pero cuando ocurre mutación, variación soma clonal o sucede un cruzamiento favorable, este se puede seleccionar y mantener como un nuevo genotipo de interés.

c) En cruzamientos o manipulaciones de otro tipo, cuando se generan plantas estériles (no producen semillas), éstas se pueden mantener a través de reproducción vegetativa.

d) Obtención de cosechas en un menor período de tiempo, en comparación de lo que demanda el uso de la semilla sexual.

e) La falta de producción de semilla, puede proporcionar mayor valor a la parte vegetativa útil de la planta, por una mayor concentración de azúcares, aminoácidos, proteínas, aceites, fibras, etc., antes de la floración.

f) La estabilidad genética de los clones se comprueba precisamente por la persistencia de los caracteres genéticos deseables en las plantas propagadas asexualmente.

g) En especies dioicas no sería posible su reproducción de no ser vegetativamente. En especies forestales abundan los ejemplos de especies de importancia económica cuyo sistema reproductivo es dioico.

2.2 Importancia de la multiplicación vegetativa del árbol plus

La propagación y multiplicación vegetativa de cualquier árbol plus es importante en los programas de mejoramiento; en razón a que a través de este proceso se logra capturar el 100% de la constitución genética del árbol seleccionado (efectos genéticos aditivos y no aditivos). Por tanto, los resultados esperados a la hora de su multiplicación clonal, se espera que repita la superioridad de las características fenotípicas del árbol seleccionado, esto a su vez permite obtener plantaciones de alta calidad y productividad (Murillo, 2012).

Por lo anterior, el proceso de clonación de los árboles plus seleccionados en programas de mejoramiento genético, producirán una población comercial de árboles con mayores ganancias genéticas en las principales características de crecimiento y calidad del fuste en las siguientes generaciones. Esto permitirá aumentar los rendimientos, la productividad y la calidad de la materia prima, en beneficio directo de los productores de madera y la industria, al producir árboles más homogéneos y de menores desperdicios al momento de la cosecha y procesamiento de su madera (Murillo, 2012).

2.3 Generalidades de la micro y macro propagación

Las diferencias entre micro y macro propagación radican principalmente en el medio y condiciones donde se desarrollan, y las dimensiones del material vegetal de partida. La macro propagación se realiza *ex vitro*, requiere menos recursos materiales y menor especialización y el material vegetal de partida es de mayor tamaño que en la micropropagación (Ajete- Hernández *et al*., 2009).

La macropropagación, al igual que la micropropagación; utiliza diferentes alternativas de plantas madre para obtener un individuo o clon idéntico al que le dio origen. En la macro propagación el explante inicial es de mayores dimensiones que en la micropropagación y se cultiva sobre sustratos orgánicos, inorgánicos y fibras que se formulan atendiendo a las

posibilidades de lograr altos índices de supervivencia y adaptación gradual al ambiente natural donde crecerán (Hartmann y Kester, 2001).

La macropropagación tiene muchas ventajas y se emplea exitosamente sin necesidad de gran inversión económica. La técnica más común, denominada estaquillado, es la inducción de la formación de raíces en una sección del tallo o de la rama, de manera que se origine una planta independiente. En los casos en que se ha experimentado propagar árboles mediante el enraizamiento a partir de segmentos se ha tenido éxito en más de 80% (Mesén *et al*., 1992).

Duarte (1984), refiere que la macropropagación o propagación asexual de especies forestales se realiza fundamentalmente a través de: injertos, estaquillado y corte de esquejes.

2.3.1 Estaquillado

Según Mesén *et al*., (1992) el estaquillado es el método de macro propagación a partir de estacas que conservan la potencialidad de enraizar en un sustrato determinado, ya sea en casa de cultivo o directamente en el suelo. Este método, que describe la propagación vegetativa mediante estacas o ramas de tallos es uno de los métodos usados para propagar plantas leñosas en vivero o casa de cultivo. Se obtienen las estacas de plantas con alto grado de madurez fisiológica, generalmente árboles de maderas duras, semiduras y suaves. Aunque las diferentes fases de maduración se presentan de manera continua, generalmente se distinguen por la forma y el color de las hojas y por los cambios de coloración del tallo o ramas.

2.4 Propagación vegetativa de mini estacas

De acuerdo con la opinión de diferentes autores, Gatti *et al.,* (2011); Ladrach, (2010); Cornelius y Ugarte-Guerra, (2010); Vallejos *et al.,* (2010); Xavier *et al.,* (2009); Murillo, (2005); Chacón y Murillo, (2005); Murillo *et al.,* (2003); Murillo *et al.,* (2001 y 2001), para obtener éxito en la propagación vegetativa es importante implementar un invernadero que reúna las condiciones para lograr los siguientes aspectos: a) disminuir la actividad fotosintética esto se logra a través de cubrir con sarán el sitio donde se lleva a cabo el

ensayo; b) mantener una humedad relativa alta entre 80%-90%, que se evite el estrés hídrico; c) mantener una temperatura ambiente entre 30 y 35 °C (con la implementación de un túnel de plástico).

2.5 Sustrato para el enraizamiento

Para el enraizamiento de estacas se requiere un sustrato especial para lograr este objetivo con calidad, de forma eficaz y eficiente, el cual dependerá adicionalmente de si se cuenta o no con un sistema de riego, y de si se desea que en el mismo medio de enraizamiento sea luego transferida la nueva planta al sitio de plantación. Si se tiene un sistema de riego automático nebulizado, el mejor sustrato es la arena pura y desinfectada. En los últimos años se desarrolló la técnica de aeroponía o enraizamiento al aire, donde no hay sustrato. Pero para lograr utilizar esta técnica de enraizamiento es imprescindible contar con un excelente sistema de riego. Si es que no se cuenta con un sistema óptimo de riego se debe utilizar el tipo de sustrato que mantenga la humedad, entre los más utilizados están la tierra con arena (50:50), tierra pura con un 10% de cascarilla de arroz, carbón o arena con carbón; al igual que los pellets (Badilla *et al.,* 2000).

2.6 Preparación de los rametos

La preparación de rametos constituye el aspecto más importante en el proceso de macropropagación, ya que se debe tener en cuenta el no mezclar el material procedente de diferentes clones. Se ha encontrado que existe una mayor taza de enraizamiento si se utiliza la segunda estaquilla dentro del brote (Badilla *et al.,* 2000). Pero de la misma forma si la espera se prolonga hasta alcanzar los dos rametos, se puede incurrir en que se retrase la velocidad de propagación y exista lignificación de los rametos.

El uso de técnicas de inducción de brotes basales en plantas adultas ha sido cada vez más frecuente en rescate vegetativo de genotipo superiores, Su uso viene siendo aplicado con frecuencia en especies arbóreas nativas, usando la inducción (producción) de brotes juveniles que son los más aptos a la propagación vegetativa, dentro de esta técnica principalmente el enraizamiento adventicio con el uso de fitohormonas o reguladores de crecimiento (Rickli, 2015). La inducción de brotes basales en especies arbóreas nativas ha sido alcanzada básicamente por las técnicas de enganche, anillos, semi anillos y podas

drásticas (Stuepp, 2016). Cada técnica de ser evaluada según la especie forestal a propagarse, pero siempre debe buscarse aplicar la técnica con mayor eficiencia y con menor daño a la planta madre, garantizando así la integridad de esta.

La poda de las plantas madre puede realizarse a diferentes alturas, variando siempre en función de la capacidad de producir rebrotes. Como el objetivo es la propagación vegetativa, la realización de esta técnica tiende a ser más eficiente a medida que se aplica más próxima a la base del tronco principal, de tal manera que se evite la recolección de brotes de yemas maduras (Wendling *et al.,* 2014).

La eficiencia de la poda para la inducción en la producción de brotes epicórmicos fue comprobada por (Días *et al.,* 2015), para *Anadenanthera macrocarpa* Bent. En la cual tuvo un 90% de eficacia en la producción de rametos con plantas madre que tenían entre 3-5 años y se realizó una poda a 20 cm de altura. De igual forma (Kratz *et al.,* 2016), en su estudio con *Calophyllum brasiliense* Cambess, determino una obtención de rametos del 100% en plantas madre con una edad de 14 años, se realizó una poda a 30 cm del primer vértice.

2.7 Uso del enraizador y siembra de los rametos

El proceso inicia con la extracción de los rametos los mismos que son sumergidos en un recipiente con un desinfectante, luego se escurre el exceso y se los sumerge en otro recipiente con el enraizador. Se introduce entonces la base de la estaquilla en el enraizador hasta lograr que el polvo blanco se adhiera. La estaquilla se sacude ligeramente para eliminar el exceso de enraizador y se siembra directamente en el hoyo hecho en el pellet o la bandeja. Una vez ubicadas todas las estaquillas se deben mojar ligeramente con el sistema de riego que se esté utilizando.

El enraizamiento adventicio es una respuesta multifactorial que finalmente conduce a la formación de una raíz a partir del tallo. Ocurre en distintas fases que se caracterizan por presentar condiciones y requerimientos bioquímicos diferentes, Caboni *et al.,* (1997), Kevers *et al.,* (1997), De Klerk *et al.,* (1999), Schwambach *et al.,* (2008).

2.8 Uso de fitohormonas para la formación de raíces

El uso de fitohormonas como auxinas de origen natural, de forma exógena como el ácido indol- 3-acético (AIA) o sintéticas como ácido naftalenacético (ANA) y ácido 3-indolbutírico (AIB), han permitido manejar esta fase problemática estimulando células indiferenciadas que promueven la iniciación del enraizamiento o aparición de raíces adventicias (Woodward y Bartel 2005).

Santelices y Cabello (2006) muestran que es posible lograr porcentajes de arraigamiento de un 88% con rametos provenientes de material adulto mediante el uso de AIB en camas de arraigamiento y con diferentes sustratos. Sin embargo, esto depende de factores como año de cosecha, genotipo del árbol madre, sustrato y de altas concentraciones de auxinas, las que son utilizadas en condiciones *ex vitro*.

La aplicación de auxinas en especies de difícil enraizamiento es una práctica común, viable y decisiva, que permite aumentar el número de estacas con raíces, adelantar la iniciación radical, incrementar el número y la calidad de las raíces, además de proporcionar una mayor uniformidad en el enraizamiento. Las auxinas más utilizadas son el ácido indolbutírico (AIB) y el ácido naftalenacético (ANA) (Hartmann y Kester, 2001).

2.9 Uso de material joven en sistemas de macropropagación vegetativa

La técnica de propagación vegetal de individuos adultos requiere de material vegetal joven, esto aplica para yemas epicórnicas basales y apicales, o para la formación de estaquillas jóvenes en partes de una planta adulta. La importancia de que se utilice material joven en el proceso de propagación es estimular el efecto ortotrópico, ya que el material adulto es más propenso al efecto plagitrópico, que no es lo requerido en el proceso de mejoramiento genético (Gatti *et al.,* 2011).

La poda de ramas de la copa fue evaluada en *Araucaria angustifolia*, se utilizaron dos técnicas de poda la primera poda se realizó en la parte apical de plantas adultas, para la producción de brotes ortotrópicos y la segunda con la poda de ramas plagiotrópicas (ramas

laterales) con el objetivo de producción de propágulos para estacas, obteniendo entre un 40%-50% de producción de rametos (Wendling *et al.,* 2014).

2.10 Nutrición vegetal e influencia en el desarrollo de las plantas

El uso de fertilizantes a base de nitrógeno, fosforo y potasio es considerado junto al agua como factores limitantes en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos vegetales (Parry *et al.,* 2005).

Limitando el suministro de nitrógeno, fósforo y potasio disminuye la división celular, la permeabilidad, la tasa fotosintética, interfiere en la producción de hojas y brotes, y en algunos casos la deficiencia de nitrógeno afecta el desarrollo de la hoja y que la ausencia de nitrógeno, fósforo y potasio denota una baja tasa de fotosíntesis y un lento proceso de expansión de la hoja (Hossain *et al.*, 2010).

Knowles (2001), denota que, si la concentración de un elemento esencial en el tejido vegetal se encuentra por debajo del nivel óptimo para el desarrollo de la planta, ésta carece de dicho elemento lo que genera una alteración metabólica en la participación de dicho elemento, afectando otros procesos involucrados. Así, el suministro inadecuado de iones fosfato impide la exportación de triosas fosfatadas del cloroplasto y por ende dificulta la síntesis de sacarosa.

2.11 Silvicultura clonal

La silvicultura clonal utilizada como técnica comprende todo proceso de formación de un bosque clonal, en la cual incluye la selección de árboles con características superiores que consiste en el rescate vegetativo para su multiplicación, viabilización y producción masiva de mudas clonales y el establecimiento de bosques clonales de acuerdo con los mejores genotipos evaluados (Xavier *et al.,* 2013).

La silvicultura clonal ha generado ganancias significativas en la producción de madera en Brasil y en el mundo, uno de los desafíos que existe es superarlos efectos de la maduración (lignificación) en especies leñosas, que se presentan por medio de cambios fisiológicos y

bioquímicos en la planta donante, entre las principales consecuencias se encuentran la perdida de la capacidad para el enraizamiento, limitando a menudo la expansión de los bosques clonales (Wendling *et al.,* 2015).

Por lo general, las prácticas silviculturales se utilizan en especies nativas con fines comercial, producción de madera, producción de productos no maderables y con fines de conservación ambiental; esto incluye en ocasiones restauración de bosques y ecosistemas. Mientras que en la silvicultura clonal para poder ser establecida debe cumplir con ciertos requerimientos para un uso consistente de las especies forestales, particularmente una variabilidad genética adecuada en plantaciones clonales (Carpanezzi y Carpanezzi, 2006).

Una limitante para la silvicultura clonal es la falta de conocimiento sobre el uso potencial de tecnologías de producción y la selección de especies forestales nativas que puedan ser utilizadas en programas de reforestación con fines productivos o de conservación; además, existe una falta de interés en establecer técnicas de propagación clonal, esto no solo incluye el proceso de propagación, sino también la adecuada selección del material genético con calidad suficiente y niveles de variabilidad genética para los fines previstos (Ciriello y Mori, 2015).

2.12 Jardines clonales

La reforestación clonal es considerada el complemento ideal de un programa de mejoramiento genético forestal (Zobel y Talbert 1984).

Una de las ventajas de los jardines clonales con objetivos de reforestación se refiere a la baja inversión; sin embargo, se debe prestar atención al control fitosanitario y nutricional, esto debe estar en concordancia con la necesidad de cada especie, manteniendo la calidad en multiplicación de clones (Monteiro *et al.,* 2015).

Algunos estudios han buscado evaluar el potencial del uso de la técnica de jardines clonales, para la producción de estaquillas viables para el injerto de caucho, con resultados prometedores de productividad de brotes y supervivencia de injertos (Borelli, 2016).

Esta técnica de propagación permite que especies que posean limitaciones en propagación seminal, como la indisponibilidad de semillas y alto costo de adquisición, bajos porcentajes de germinación, y un largo período de tiempo para la producción de plántulas puedan ser consideradas en programas orientados a la restauración de los ecosistemas degradados (Oliveira y Ribeiro, 2013).

Debido a tales dificultades, la propagación vegetativa puede ser una opción viable debido a la facilidad de clonación. Entre los diferentes métodos, la técnica de corte y mini corte se caracterizan por inducir la formación de raíces en esquejes y mini cortes (Dias *et al.,* 2012).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

La presente investigación se llevó a cabo en el vivero de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; la misma que está ubicada en la provincia de Chimborazo, Cantón Riobamba, Parroquia Lizarsaburo. El estudio se desarrolló, en el área de germinadores del vivero de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH. La investigación en vivero se coordinó juntamente con el responsable del vivero forestal de la ESPOCH, para lo cual se requirió: tres camas/bancos de germinación de 3 x 1,2 m, donde se colocaron las bolsas con las plantas en estudio, debidamente identificadas y codificadas. En este sitio permanecieron seis meses, periodo en la cual se realizaron varias evaluaciones y toma de datos.

3.2 TÍPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que se utilizó en el presente ensayo fue de tipo experimental ya que se analizó la respuesta de plantas jóvenes de *Juglans neotrópica* a técnicas de silvicultura clonal (podas de formación en plantas madre y nutrición con dosis de NPK). Mediante el experimento además se empleó el tipo de investigación de carácter descriptivo, debido que permitió describir las variables efecto de la altura de poda en el aparecimiento de los primeros brotes, efecto de las dosis nutritivas en el aparecimiento y la altura del brote.

3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Los métodos que se utilizaron en la presente investigación es el método hipotético-deductivo. Además, se utilizó el método de medición para calcular la variable de efecto de las dosis de NPK en la altura del brote y el método experimental ya que se controló las variables para determinar la relación entre sí y compararlo con un grupo de control o testigo.

3.3.1 Factores en estudio

Los factores en estudio se clasificaron de la siguiente manera:

3.3.1.1 Altura de poda

Se evaluó el aparecimiento de los primeros brotes según la altura de poda de acuerdo con el número de yemas; la altura de poda fue a tres yemas y a cinco yemas.

3.3.1.2 Disoluciones nutritivas

En esta variable se evaluó el uso de cuatro combinaciones de NPK en distintas concentraciones más el testigo. Para el uso de las disoluciones nutritivas se consideró el estudio de (Guambo, 2018), quien evaluó el efecto de ocho disoluciones nutritivas en procesos de fertilización de nogal para determinar crecimiento en altura y D.A.P

En la tabla 1 se muestran las disoluciones y sus combinaciones de NPK para los distintos tratamientos.

Tabla 1. Disoluciones nutritivas**.**

N°	DISOLUCIONES	N	P	K
		ppm		
1	1	25	100	100
2	3	50	100	100
3	5	50	50	100
4	7	50	100	50
5	TESTIGO	0	0	0

FUENTE: Darwin Valenzuela

3.3.1.3 Tratamientos

En la tabla 2, se describen los tratamientos empleados a través del factorial producto de la combinación de la altura de poda y las concentraciones de las disoluciones nutritivas de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) utilizadas más el testigo el mismo que se encontraba sin solución nutritiva.

Tabla 2. Tratamientos para evaluar la respuesta de plantas jóvenes de *Juglans neotrópica* a técnicas de silvicultura clonal (podas, formación de plantas madre y nutrición).

T	CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
T_1	A_1S_1	Altura de poda a 3 yemas en disolución nutritiva 1.
T_2	A_1S_2	Altura de poda a 3 yemas en disolución nutritiva 2.
T_3	A_1S_3	Altura de poda a 3 yemas en disolución nutritiva 3
T_4	A_1S_4	Altura de poda a 3 yemas en disolución nutritiva 4
T_5	A_1S_5	Altura de poda a 3 yemas en el (TESTIGO).
T_6	A_2S_1	Altura de poda a 5 yemas en disolución nutritiva 1.
T_7	A_2S_2	Altura de poda a 5 yemas en disolución nutritiva 2.
T_8	A_2S_3	Altura de poda a 5 yemas en disolución nutritiva 3
T_9	A_2S_4	Altura de poda a 5 yemas en disolución nutritiva 4
T_{10}	A_2S_5	Altura de poda a 5 yemas en el (TESTIGO).

FUENTE: Darwin Valenzuela

3.3.1.4 Unidad experimental

Para la etapa inicial de la investigación se contó con 15 observaciones por cada tratamiento y 5 observaciones para el testigo, y cada planta se consideró como unidad experimental.

3.4 TRATAMIENTO DE DATOS

3.4.1 Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) dispuesto en arreglo factorial 2x5 (dos alturas de poda de la planta por cinco disoluciones nutritivas), con 15 observaciones por tratamiento y cinco observaciones para el testigo, dando un total de 135 plantas o unidades experimentales. El diseño estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \qquad i=1,2,...,t \quad j=1,2,...,r$$

μ = Parámetro, efecto medio

τ_i = Parámetro, efecto del tratamiento I

β_j = Parámetro, efecto del bloque j

ε_{ij} = valor aleatorio, error experimental de la u.e. i,j

Yij = Observación en la unidad experimental

Y el modelo matemático para el diseño de bloques completos al azar es el siguiente:

$$x_{ij} = \mu_{ij} + \varepsilon_{ij}$$
$$x_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

El esquema para el análisis de varianza en el efecto de las dosis de NPK en la producción de estaquillas se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. ANOVA para evaluar respuesta de plantas de *Juglans neotropica* a técnicas de silvicultura clonal (podas de formación en plantas madre y nutrición).

Fuentes de Variación (F de V)	Fuentes grados de libertad	Grados de libertad (GL)
Tratamientos	(t-1)	9
Bloques	(r-1)	2
Error	(t-1)(r-1)	18
Total		29

FUENTE: Darwin Valenzuela

Para determinar diferencias entre tratamientos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple. Para determinar la relación entre variables se aplicó la prueba estadística de Chi cuadrado, y una prueba de comparación de medias de rangos múltiples Duncan al 5%. Para el manejo y la tabulación de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS ver. 22.0

3.4.2 Análisis estadístico.

A continuación, se procede a describir las variables que componen la fase de investigación:

3.4.2.1 Efecto de la poda según el número de yemas y la relación con la aparición de estaquillas según el efecto de las dosis nutritivas de NPK

Para la evaluación de esta variable se realizó la poda de las plantas según el número de yemas prestablecidos realizando así podas a tres yemas y a cinco yemas, se efectuó el riego

de las disoluciones nutritivas de acuerdo con cada tratamiento, evaluando la aparición de brotes de acuerdo con el número de yemas influenciado por la dosis de NPK. Además, se pudo evaluar el efecto de las disoluciones nutritivas en las plantas madre respecto al tiempo que tarda en la aparición y producción de las primeras estaquillas.

3.4.2.2 Efecto de las disoluciones nutritivas en el tamaño del brote

Para evaluar esta variable se realizaron dos mediciones de la altura de los brotes, estas mediciones se efectuaron a la tercera y cuarta semana desde la aparición de los primeras brotes.

3.4.3 Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos se puso en práctica la siguiente metodología.

3.4.3.1 Para la preparación del material parental

- Se realizó el llenado de las fundas plásticas con el sustrato y el trasplante de las plántulas de *Juglans neotrópica* jóvenes.
- Para iniciar con el riego se determinó primeramente la capacidad de campo de cada planta para esto se tomaron muestras de suelo, las mismas fueron codificadas, pesadas en fresco y llevadas a la estufa por 24 horas a una temperatura de 80°C, luego de la cual se pesó en seco, y se aplicó la metodología respectiva para determinar la capacidad de campo la cual fue del método gravimétrico según (Topp *et al.,* 2002) y se igualó el contenido de humedad de cada maceta.

3.4.3.2 Riego con disoluciones de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK)

- Una vez igualado el contenido de humedad de las macetas se procedió con el riego de las disoluciones de NPK en los distintos tratamientos, previamente para esto se debió estabilizar el pH de cada solución, con la ayuda del potenciómetro se determinó el pH de cada disolución para alcanzar un pH de 6 a 7 es decir un pH neutro óptimo para la asimilación de los nutrientes, esto se alcanzó con la aplicación de NaOH (hidróxido de sodio) cuando el pH de la disolución era ácido y con HCl (ácido clorhídrico) cuando el pH de la disolución era básico.

- El riego se mantuvo por seis meses y se regó dos veces por semana con 200 o 300 ml para cada planta en función del dato del evaporímetro.

3.4.3.3 Poda de plantas madre

- Una vez que las plantas en las macetas se estabilizaron se procedió con la poda dependiendo del factor en estudio ya sea de tres yemas o cinco yemas dependiendo de cada tratamiento.
- Para evitar la deshidratación de las plántulas se procedió con la construcción de cajas de madera las mismas que se encontraban forradas de sarán.

3.4.3.4 Toma de datos

- Se realizaron mediciones después de una semana con la aparición de los primeros brotes y se continuo con las mediciones por cuatro semanas, se evaluó el mejor tratamiento para la producción de rametos.
- Y se determinó la eficacia de las dosis de NPK en la altura del brote.

3.5 RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES

Para la presente investigación se utilizó los siguientes materiales y reactivos:

3.5.1 Recursos humanos

Para llevar a cabo la presente investigación se contó con el apoyo del Laboratorista de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), también se contó con la ayuda de una estudiante de la escuela de Ingeniería Forestal, y el tesista.

3.5.2 Materiales

Como materiales se utilizaron:

- Material vegetal (plantas de *Juglans neotrópica*)
- Sustrato (70% arena; 30% tierra negra)
- Fundas plásticas
- Etiquetas
- Barrenador
- Libreta

- Esferos
- Cámara fotográfica
- Sistema de riego
- Calibrador o pie de rey
- Regla
- Cubículos de madera
- Sarán
- Estufa
- Pirotines para muestra de suelos
- Tijeras para podar
- Estilete
- Clavos
- Martillo
- Potenciómetro
- Balanza Analítica

3.5.3 Reactivos

Como reactivos se utilizaron los siguientes:

- Disoluciones NPK
- Vitabax cuyo ingrediente activo es (200 g de carboxin + 200 g de captan)
- Agua de botellón
- Hidróxido de Sodio (NaOH)
- Ácido Clorhídrico (HCl)
- Carbendazin cuyo ingrediente activo es (carbendazim 125 g/L + propiconazole 125 g/L)

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La parte experimental inició el 1 de julio del 2017 con el trasplante de individuos jóvenes hacia las macetas y contempló su distribución de acuerdo con el diseño experimental que fue de bloques completos al azar (DBCA) y se extendió hasta el 25 de septiembre del 2017 realizando la última medición de la altura del brote. Se utilizaron cuatro tratamientos y un testigo distribuidos en 135 observaciones, las mediciones experimentales de acuerdo con la etapa de investigación y consecuentemente con los datos se tomaron con intervalos semanales que permitieron evaluar los efectos en estudio obteniendo los siguientes resultados.

4.1 Resultados de la investigación

En este capítulo se presentan los efectos de las mediciones para las variables con respecto a la aparición del brote, tamaño de los brotes ortotrópicos o estaquillas. Arrojando los siguientes resultados.

4.1.1 Relación de las dosis de NPK en el aparecimiento de los primeros brotes

Una vez hecha la poda con fecha 28 de agosto del 2017, se realizó la toma de datos de acuerdo con la aparición de los primeros brotes, se realizó una sola medición con respecto a esta variable con fecha 11 de septiembre del 2017 a los 73 días desde el trasplante, se procesaron los datos para determinar la influencia que tuvieron los tratamientos de las dosis de NPK en el aparecimiento los primeros brotes ortotrópicos, obteniendo los siguientes resultados.

En la tabla 4 se presenta los resultados de la prueba estadística de Chi cuadrado para la asociación entre las variables aparecimiento de brotes influenciado por las dosis de los tratamientos con disoluciones nutritivas T1(N25, P100, K100), T2(N50, P100, K100), T3(N50, P50, K100), T4 (N50, P100, K50), T5 (testigo).

Tabla 4. Prueba de Chi-cuadrado para aparecimiento de brotes en relación con dosis nutritivas.

Prueba de chi-cuadrado				
Estadístico	**Valor**	**Gl**	**P calculado**	**P tabular**
Chi-cuadrado de Pearson	18,318	4	0,001**	<0,05
Razón de verosimilitud	23,978	4	0,000	
Asociación lineal por lineal	11,120	1	0,001	
N° de casos válidos	135			

FUENTE: Darwin Valenzuela

En donde puede observar que se obtuvo un valor calculado de p de (0,001) comparado con el valor tabular de (0,05) lo que determina que la asociación entres estas variables es altamente significativa, por lo que se puede determinar que el aparecimiento de brotes se encuentra altamente influenciado por las dosis de disoluciones de NPK.

Sánchez *et al.,* (2009) explican como la fertilización cubre las necesidades de la planta y la dependencia de los macronutrientes como un factor responsable del enriquecimiento del sustrato y el abonado previo.

4.1.2 Relación de la altura de poda según el número de yemas tres y cinco yemas con el aparecimiento de brotes

Para determinar la relación en el aparecimiento de brotes según la altura de la poda se tomó los datos con fecha 11 de septiembre del 2017 a los 73 días desde el trasplante, para esto se determinó la existencia y la ausencia de brotes, se procesaron los datos para determinar la influencia que tuvieron altura de poda según el número de yemas (3 y 5) en el aparecimiento los primeros brotes ortotrópicos, obteniendo los siguientes resultados.

En la tabla 5 se presenta los resultados de la prueba estadística de Chi cuadrado para la asociación entre las variables aparecimiento de brotes influenciado por la altura de poda tres y cinco yemas.

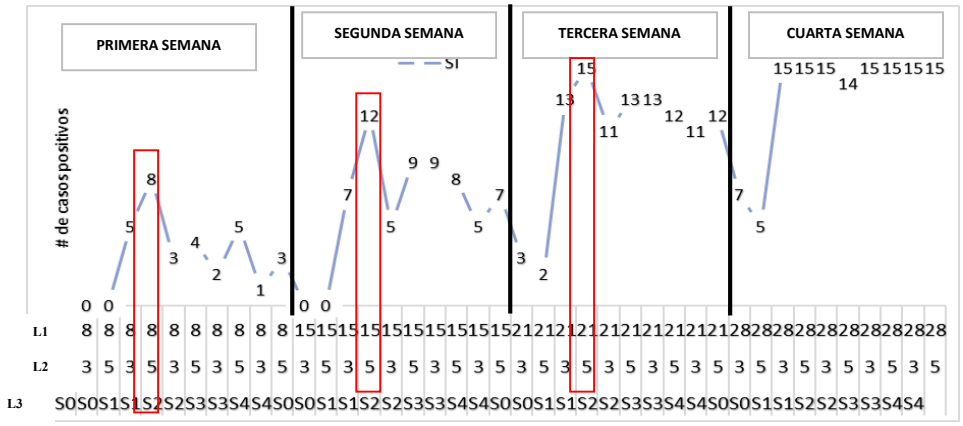
Tabla 5. Prueba de Chi-cuadrado para aparecimiento de brotes en relación con altura de poda.

Prueba de chi-cuadrado				
Estadístico	**Valor**	**Gl**	**p calculado**	**p tabular**
Chi-cuadrado de Pearson	2,568	1	0,109 $^{n.\ s}$	>0,05
Corrección de continuidad	2,043	1	0,153	
Razón de verosimilitud	2,574	1	0,109	
Asociación lineal por lineal	2,549	1	0,110	
N° de casos válidos	135			

FUENTE: Darwin Valenzuela

En donde se puede observar que se obtuvo un valor calculado de p de (0,109) comparado con el valor tabular de (0,05) lo que determina que la asociación entres estas variables no es significativa, por lo que se puede determinar que el aparecimiento de brotes no se encuentra influenciado por las dosis la altura de poda, por tanto, se puede afirmar que estas dos variables son independientes.

Se puede observar en la figura 1 como la combinación A2(5 YEMAS) S1(N25, P100, K100) alcanza a menor tiempo el disponer de brotes en todas las observaciones. Arreola *et al* (2010), concluyeron que el despunte en verde reduce la longitud de los rebrotes, además sostienen que el despunte en verde reduce inclusive el crecimiento de brotes apicales. Sánchez *et al.*, (2009) se enfocan en el manejo idóneo de la nutrición de los cultivos, a través de la aplicación oportuna de fertilizantes y que en combinación con otros factores, fomenta el incremento en el rendimiento y la calidad de las cosechas, es así que las siembras vegetativas requieren también un análisis de su nutrición y los factores a su alrededor para aprovechar la poda para extraer un número de yemas no mayor 30 o 40 % del total antes de intervenir; podas intensas tienen efectos negativos en planta, como la reducción del incremento diamétrico y emisión de numerosas ramas epicórmicas.



L1(días trascurridos); L2 (# yemas); L3 (disoluciones utilizadas)

Figura 1. Plantas que presentan brotes a los 8, 15, 21, 28 días despues de realizarse la poda.

FUENTE: Valenzuela (2018)

Al realizar la poda de tres yemas, se obtuvo una respuesta vigorosa del árbol debido que las yemas que se dejan en la rama tienen mayores probabilidades de brotar. (Montes & Arreola, 2008), debe también mencionarse que a medida que el brote juvenil se desarrolla, el consumo de reservas es más evidente, por ello la demanda de nutrimientos de las disoluciones aportadas se condiciona no al aporte brindado sino al límite de consumo de la planta la concentración será eficiente entonces por su duración en el tiempo y no tanto por su cantidad inmediata, afectando en forma negativa la pronta respuesta a la rebrotación, debido a que los brotes durante su desarrollo hacen uso principalmente de las reservas acumuladas durante la estación anterior. López y Arreola (2008), en su estudio, citan a Sparks, (1988) quien expone que una vez que el brote forma hojas adultas, hace uso de los fotosintatos que se van produciendo durante la estación así que las reservas de todos los nutrientes dentro de la planta dictarán el futuro de esta.

Sánchez *et al.,* (2009), sostienen que tanto la eficiencia agronómica como la recuperación relativa del N facilitan conocer con qué cantidad de este elemento el cultivo alcanza su máxima producción y el porcentaje de ese elemento que es absorbido por las plantas. Se enfatiza que en agricultura tradicional, la eficiencia en uso de N, en el mejor de los casos, es de 50% cuando el manejo del fertilizante se lleva a cabo adecuadamente. Ospina *et al.,* (2010) señalan que los aportes nutricionales son mas importantes a partir de la generación de raices y condicionan la calidad futura de la planta en la calidad inicial de la raices si

bien las plantas tienen una demanda fenológica de nutrientes la biodisponibilidad de estos en el suelo o en los sustratos utilizados garantizará un desarrollo normal que permita a la planta y los brotes tener mayores indices de supervivencia respecto de plantas no tratadas o no fertilizadas.

Arreola *et al.,* (2010) encontraron una disminución del 38% y 60 % respectivamente en la longitud de los brotes despuntados a cinco y diez yemas desarrolladas con relación al testigo, sin despuntar. La disminución más notable (84 %) del crecimiento de los rebrotes se observó cuando el despunte se realizó a 15 yemas desarrolladas. El despunte, inmediato a la brotación (cinco yemas desarrolladas) tuvo un período mayor de condiciones propicias para el crecimiento del rebrote de 20 y 43 días, en comparación con los tratamientos de despunte a 10 y 15 yemas desarrolladas. Sánchez *et al.,* (2009), referencian la calidad de nitrógeno aportado por abonos orgánicos con la reducción de días a la aparición de brotes basan su argumentación en que ha sido procesado por microorganismos que liberan sustancias que también favorecen el desarrollo de ecosistemas a nivel del suelo favorables para el desarrollo de semillas vegetativas (Montes y Arreola, 2008).

Arreola *et al.,* (2010), en su investigación determinan los días de rebrote encontrados con despunte, a 5 yemas se encontraron estaquillas a los 28 días, despunte a 10 yemas se encontraron brotes a 30 días, despunte a 15 yemas los brotes aparecieron a los 40 días. Confirmando la necesidad de nuevos métodos de propagación vegetativa que se apliquen de manera industrial y con fines maderables, por esto se ha recurrido a la biotecnología en relación a la factibilidad de cultivar in vitro, existen avances, pero poco aplicables a la realidad. Por ejemplo, en California la mayoría de los nogales son injertados de púa o parche directamente en el vivero; también se plantan patrones e injertan después de uno a dos años mediante injerto de púa, de corteza a finales de primavera, o el injerto de yema de parche en primavera y verano. En plantas injertadas éstas se podan en la punta hasta 30 o 40 cm del punto de injerto, se dejan cuatro a seis yemas y se riega en forma moderada además no se fertiliza en el primer año (Loewe y González, 2001).

4.1.3 Relación de las dosis de NPK con la altura del brote

Para poder determinar el efecto de las dosis de NPK en la altura del brote se consideró dos escenarios en la toma de datos para esta etapa de la investigación, el primer escenario se

reflejó a las tres semanas realizada la poda o 22 días después, y el segundo escenario tuvo lugar a la cuarta semana o 29 días después de haber realizado la poda; para lo cual se realizaron mediciones de la altura del brote. Se procesaron los datos y se determinó la mejor dosis de disolución de NPK que favoreció el mayor crecimiento en altura de los brotes ortotrópicos.

La Tabla 6 nos muestra el análisis de varianza del cual se desprende que para variable bloques se obtuvo un F calculado de (1,581) que comparado con el F tabular (3,07) nos demuestra que no es significativo, por lo que la fuente de variación bloques no se encuentra relacionado con el crecimiento en altura de los brotes ortotrópicos; por otra parte, para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un valor de F calculado de (11,691) comparado con el F tabular (2,42) se determinó que es altamente significativo, lo que denota que por lo menos una dosis de disolución NPK o más tienen relación con el crecimiento en altura de los brotes. Si se considera el número de yemas, existen diferencias por medio del ANOVA con nivel de significancia 5%, la media para 3 yemas es de 1,497 (cm) en cambio que la media para el corte a 5 yemas es de 1,713 (cm).

Tabla 6. ANOVA de alturas (cm) de brotes a la tercera semana o 22 días.

ANOVA ALTURA DE BROTES							
Origen	**SC**	**GL**	**CM**	**F**	**SIG.**	**F TABULAR**	**NIVEL DE SIG. ALFA**
Modelo corregido	41,806	6	6,968	8,321	0,000		
Bloques	2,647	2	1,324	1,581	0,210 $^{N.S}$	3,07	>0,05
Tratamientos	39,158	4	9,79	11,691	0,000 **	2,42	<0,05
Error	107,182	128	0,837				
Total	564,914	135					
a. R al cuadrado = ,281 (R al cuadrado ajustada = ,247)							

FUENTE: Darwin Valenzuela

En el ordenamiento de los datos se encuentran diferencias favorables al uso de disoluciones nutritivas de macronutrientes para favorecedor del desarrollo general de nuevos brotes con mayores dimensiones y en menor tiempo, Bellote y Ferreira, (1995), detallan como el magnesio (Mg) en el crecimiento de las plantas es el segundo en importancia justo detrás del potasio (K) que más se relaciona con el crecimiento de los árboles.

Tarango *et al*., (2011) exponen la actividad microbiana como una fuente de nutrimentos en el ecosistema donde se desarrolle el nogal, en el número de brotes de calidad y sus dimensiones también tienen influencia la materia orgánica y principalmente del carbono (C) utilizable presente en el sustrato.

Ospina *et al*., (2010) exponen la importancia de la propagación vegetativa, si se considera que se acelera la producción de nuevas plantas, se podrían fijar características deseables; pero la técnica requiere de atención en la nutrición de la planta y además en los factores intrínsecos de las especies para desarrollarse, una excesiva manipulación irá en contra de las características genéticas buscadas en la planta, obviar el análisis del desarrollo fenológico, las técnicas de producción necesarias para la transformación en actividades industriales de los cultivos convencionales y de tipo ambiental, llevará a los investigadores de forestal a reconocer que el suelo donde los árboles radican cada vez es más débil y su capacidad para producir árboles de alto valor se agota cuando los programas de forestación no tienen una planificación, para fertilizar durante la vida de la especie hasta su aprovechamiento, sin embargo no se trata de saturar el ecosistema de fertilizantes químicos y costosos, pues frente al incremento en costo de fertilizantes y el efecto del abuso de utilizarlos indiscriminadamente, actualmente, es evidente la necesidad de aplicar nutrientes de manera racional (Sánchez *et al*., 2009).

Una vez demostrado que existe por lo menos uno o más tratamientos relacionados con el crecimiento en altura de los brotes; a continuación, se realizó una prueba estadística de separación de medias de acuerdo con Duncan con un nivel de significancia del 5%, obteniendo los siguientes resultados.

En la Tabla 7 se explica las agrupaciones realizadas por el procedimiento de Duncan al 5%, en donde se los agrupa en tres subconjuntos, se deprende que el testigo se encuentra completamente aislado en el primer subconjunto, obteniendo el menor valor con respecto a su media en crecimiento en altura del brote y alcanza una altura media de (0,28) cm, lo que refleja un desarrollo lento respecto de los tratamientos con dosis de NPK; en un segundo subconjunto se agrupa a los tratamientos T4, T2 y T3 que estadísticamente alcanzaron un crecimiento promedio similar y por último en el tercer subconjunto aparece el T1 con un crecimiento promedio de (2,17) cm lo que lo destaca como el mejor tratamiento. De esta manera se demuestra el requerimiento nutricional en esta etapa del desarrollo de la planta.

Tabla 7. Prueba de Duncan al 5% para altura del brote(cm), a los 22 días.

ALTURA DEL BROTE A LOS 22 DÍAS				
Tratamientos	**N**	**Subconjunto**		
		1	**2**	**3**
Testigo	15	0,2800		
T4	30		1,7807	
T2	30		1,9037	
T3	30		1,9040	
T1	30			2,1703
Sig.		**1,000**	**0,174**	**0,81**

FUENTE: Darwin Valenzuela

Loewe *et al.,* (2001). demostraron eficiencia de fertilización en nogal para los macronutrientes en dosis que se evalúan en periodos largos de tiempo, señalan que la acumulación de partículas podría generar inconvenientes debido a que elementos como el potasio (K) se mantienen en la planta y van desapareciendo incluso en periodos de tiempos superiores a un año; de ahí, que la proporción de este elemento no sea tan considerada en los procesos de fertilización pues se prioriza un microelemento como el magnesio (Mg), que permite resultados fácilmente observables en plantas si se contrasta T4 (N50, P100, K50) que tiene un nivel bajo de potasio, dista de T1 (N25, P25, K100) que tiene en su composición el doble de ppm de este elemento. Se asumirá entonces que las dosis

empleadas no están limitadas por el potasio sino más bien por la combinación efectiva de NPK.

La Tabla 8 muestra análisis de varianza de la cuarta semana de investigación, se desprende que para la fuente de variación bloques el valor de F calculado es de (2,174) mientras que el valor de F tabular es de (3,07), por lo que decir que no es significativo estadísticamente; mientras que para la variable tratamientos el valor de F calculado es de (12,522) y el valor de F tabular es de (2,42) por tanto, la variable tratamientos es altamente significativo con una probabilidad estadística del 95%, lo que demuestra que una o más dosis de NPK tiene efecto en el crecimiento de altura de los brotes. Si se considera el número de yemas, la media a tres yemas es de (1,93) cm, y la media a cinco yemas es de (2,22) cm.

Tabla 8. ANOVA de alturas (cm) de brotes a la cuarta semana o 29 días.

ANOVA ALTURA DE BROTES							
ORIGEN	**SC**	**GL**	**CM**	**F**	**SIG.**	**F TABULAR**	**NIVEL DE SIG. ALFA**
Modelo corregido	33,774	6	5,629	9,072	0,000		
Tratamientos	31,077	4	7,769	12,522	0,000**	2,42	<0,05
Bloques	2,697	2	1,349	2,174	$0,118^{N.S}$	3,07	>0,05
Error	79,417	128	0,620				
Total	708,205	135					
a. R al cuadrado = ,298 (R al cuadrado ajustada = ,265)							

FUENTE: Darwin Valenzuela

En la tabla 9 se demostró mediante una prueba de correlación de Pearson, que existe una correlación significativa a nivel 0,01 (bilateral), que se encuentran relaciones favorables con mayor tamaño del brote entre las combinaciones de cinco brotes con la solución T1 la diferencia.

Tabla 9. Prueba de correlación de Pearson entre tratamientos y altura de brote.

ORIGEN		ALTURA DE BROTE	TRATAMIENTOS
Altura de brote	Correlación de Pearson	1	0,373**
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	135	135
Tratamientos	Correlación de Pearson	0,373**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	135	135
****. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).**			

FUENTE: Darwin Valenzuela

Arreola *et al.,* (2010) explican la dependencia del número de yemas para el desarrollo de plantas de calidad, es así como estacas con más de cinco yemas terminan perdiéndose pues no se generan raíces optimas los brotes demoran en aparecer y el crecimiento es deprimido debido en parte a la superficie en la que los nutrientes de suelo recorren y su traslocación a la planta se desaprovecha en brotes de poca viabilidad. Ademas, encontraron rendimientos positivos en nogales frente a la utilización de fertilizantes combinados de nitrógeno y potasio, no obstante, la relación NKP en planta no fue significativa entre los tratamientos que usaron fertilización con macronutrientes y el testigo.

Nuevamente se destaca que el testigo se mantuvo distante del resto de los tratamientos (tabla 10), en cuanto a la altura del brote en la cuarta semana de investigación, se observa que se forman dos grupos entre los tratamientos al utilizar la prueba de Duncan al 5%, el procedimiento demostró que existe diferencias entre T1 y T4 y que el T2 y T3 no difieren estadísticamente.

Tabla 10. Prueba de Duncan al 5% para altura del brote(cm), a los 29 días.

Altura de brote a los 29 días			
Tratamientos	**N**	**Subconjunto**	
		1	**2**
Testigo	15	0,7613	
T4	30		2,1750
T3	30		2,2397
T2	30		2,2467
T1	30		2,4053
Sig.		**1,000**	**0,354**

FUENTE: Darwin Valenzuela

Tarango *et al.,* (2011), explican que se debe a la fase de crecimiento corta de los brotes de nogal que el suministro adecuado de nutrientes tenga un efecto determinante sobre su vigor y capacidad de desarrollo, exponen que la mineralización con biosólidos principalmente de buen contenido en Nitrógeno es suficiente para proporcionar los nutrientes exigidos por el periodo de elongación corto pero intenso del brote, si observa la composición de T1 se puede identificar (N25, 100P, K100) que la baja disponibilidad de nitrógeno en relación a los demás tratamientos no anula el efecto combinado de los tres elementos inclusive puede señalarse que la proporción adecuada de N es igual al 25% del valor de P y K respectivamente. Sánchez *et al.,* (2009), explica que los macronutrientes se distribuyen según las necesidades de las plantas, pero siempre en un programa de fertilización deberá considerarse además de este factor el aporte mineral del sustrato.

CONCLUSIONES

- No se encuentra una relación significativa entre la aparición de brotes y la altura de poda según el número de yemas; por tanto, se puede determinar que los brotes aparecerán indistintamente ya sea que se realice la poda a tres o a cinco yemas.
- Mientras que se halla una relación altamente significativa entre la aparición de brotes ortotrópicos y dosis de disoluciones de NPK, ya que las mismas acortan los días para la brotación.
- Se determinó que la solución nutritiva 1 (N25, 100P, K100) resulta favorable al aparecimiento de brotes en plantas madre de *Juglans neotrópica*, esta combinación reduce el número de días en aparición de brotes respecto de todas las combinaciones.
- Las disoluciones nutritivas de NPK tiene eficiencia en dosis N25, P100, K100 con relación a la altura del brote hasta la cuarta semana de investigación en plantas de *Juglans neotrópica*, se observan diferencias entre T1 y T4 mediante la prueba de Duncan, y se confirman la importancia del K (potasio) en el crecimiento de las plantas.
- Por último, a partir de los resultados obtenidos en la presente investigación se pude decir que existe respuesta de las plantas madre a procesos de domesticación con relación a la producción de rametos, y se establece un aporte a la silvicultura clonal con miras al mejoramiento genético de la especie.

RECOMENDACIONES

- Realizar una investigación que controle el nivel máximo de auxinas permitido y sus combinaciones para desarrollo de estacas para propagación de especies forestales, por otro lado, será importante ahondar en esta investigación e identificar el efecto en la fenología de la planta con el paso del tiempo y las aplicaciones de esta tecnología a escenarios de plantaciones con fines maderables industriales.

- Realizar estudios que permitan determinar el impacto de este tipo de investigaciones en el sector maderero y ambiental, con el objeto de alinear la investigación con las demandas de la colectividad de involucrados alrededor de la producción y conservación de *Juglans neotropica.*

- Establecer un ensayo complementario con las estaquillas producidas para determinar un protocolo de enraizamiento con fitohormonas o reguladores de crecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre, N., S. Günter, B. Stimm, B., (2007). Mejoramiento de la propagación de especies forestales nativas del bosque montano en el Sur del Ecuador. Descargado de http://www.rncalliance.org/WebRoot/rncalliance/Shops/rncalliance/4C15/957A/9D0B/09EB/B5F4/C0A8/D218/8324/Aguirre_et_al_2007_mejoraiento_propagacion.pdf en enero 2014, 8 pp.
2. Ajete-Hernández, A, Álvarez A, Mercadet A (2009) Evaluación de impacto y estrategia para la empresa forestal integral Baracoa, Provincia Guantánamo, Cuba. Ra Ximhai 5(3): 271-279.
3. Alfenas, A., Zauza, E., Mafia, R. y Assis, T. (2004) Clonagem e doenças do eucalipto, Universidad Federal de Viçosa. Viçosa. 442 p.
4. Arreola, J., Lagarda , A., & Borja, A. (2010). Induction of lateral growth in pecan trees (Carya illinoensis K. Koch) by tipping shoots in spring. *31-36*, 31-36.
5. Badilla, Y., Rodríguez, L., Murillo, O. y Obando, G. (2000). Avances en la clonación de cebo, botarrama, pilón y almendro. Programa de mejoramiento y conservación genética de especies forestales. Reporte de Investigación No. 1. 11 p.
6. Bellote, A., y Farreira, C. (1995). Nutrientes minerales y crecimiento de árboles abonados de *Eucalyptus grandis* en el Estado de São Paulo. Bosque (Valdivia), 16(1), 69-75.
7. Borelli, K. (2016). Produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso. 87 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
8. Caboni, E., M.G. Tonelly, P. Laury, P. Iacovacci, C. Kevers, C. Damiano & T. Gaspar. (1997). Biochemical aspects of almond microcuttings related to *in vitro* rooting ability. Biology Plantarum 19: 91-97.
9. Ciriello, E.; Mori, E. (2015). Rooting of guanandi (*Calophyllum brasiliense Cambess*) cuttings using indole-butyric acid. Cerne, v.21, p.641-648. DOI: 10.1590/01047760201521041803.
10. Cornelius, J.; Ugarte-Guerra, L. (2010). Introducción a la Genética y domesticación forestal para la Agroforestería y Silvicultura. *Notas de clase*. Lima, Perú. Centro mundial para la agroforestería (ICRAF). 124 p.

11. Chacón, P; Murillo, O. (2005). Análisis comparativo de la producción de minijardines clonales hidropónicos y jardines clonales en tierra de melina (*Gmelina arborea* Roxb.). Kurú: Revista Forestal 2(6):7 p.
12. Dias, P. C.; Xavier, A.; Oliveira, L. S.; Félix, G. A.; Pires, I. E. (2015). Resgate vegetativo de árvores de Anadenanthera macrocarpa. Cerne, v. 21, n. 1, p. 83-89.
13. Dias, P.C.; Xavier, A.; Oliveira, L. S.; Wendling, I. (2012). Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. Pesquisa Florestal Brasileira, v.32, n.72, p.453-462.
14. Duarte, O. (1984). Propagación sexual de las plantas. Biblioteca Agropecuaria del Perú. Editores NETS 5. Lima.
15. Gatti, K.C., Suarez, I., Espitia, M., Tobar, D. (2011). Producción de plántulas por mini estacas de *Tectona grandis* Linn F.*, Acacia mangium* Wild y *Gmelina arborea* Roxb. 50p. En impresión.
16. Geilfus F. y Bailón P. (1994). El árbol al servicio del agricultor: Guía de especies (Vol. 2). Bib. Orton IICA/CATIE.
17. Grijalva, J., D. Riofrío, A. Ramos, (2010). Árboles y arbustos para la conservación de microcuencas altoandinas y adaptación al cambio climático. Microcuenca del río Chimborazo. Boletín Divulgativo No. 369, 23 pp. NINA comunicaciones. Descargado de http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/ documentos/ Arboles%20y%20arbustos%20para%20la%20conservaci%C3%B3n%20de%20 microcuencas%20y%20adaptaci%C3%B3n%20al%20cambio%20climatico.pdf en abril 2014.
18. Guambo, V. (2018). Efectos de disoluciones nutritivas de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K) sobre el crecimiento de plántulas de *Juglans neotropica* Diels. 58p. En Impresión.
19. Hartmann, H. y Kester, D. (2001). Propagación de plantas. Principios y prácticas. 8va reimp. México: Editorial Continental.
20. Hossain, D., Musa, J., Talib, H. (2010). Efectos de los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en el crecimiento y fotosíntesis de Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) en solución nutritiva Journal of Agricultural Science , 2 (2) , pp. 49 – 57.
21. Knowles, F (2001). Phosphorus status affects postharvest respiration, membrane permeability and lipid chemistry of European seedless cucumber fruit (Cucumis sativus L.). Postharv. Biol. Technol. 21, 179-188.

22. Kratz, D., Wendling, I., André, C., Nascim, A. (2016). Indução de brotações epicórmicas e estaquia de *Calophyllum brasiliense*. Rev. Cerne. Curitiva. vol. 22(4) p. 365-372.
23. Ladrach, W. (2010). Manejo Práctico de Plantaciones Forestales en el Trópico y Subtrópico. Editorial Tecnológica. (en prensa). Cartago, Costa Rica. 67p.
24. López Carvajal, J., E. Piedrahíta Cardona. (1998). Respuesta de la semilla de cedro negro (*Juglans neotropica* Diels) a la aplicación de tratamientos pregerminativos. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellin, 51(1), 217-235.
25. López, P., y Arreola, J. (2008). Efecto del despunte en verde en la producción de rebrotes laterales de nogal pecanero (Carya illinoensis K. Koch). Revista Chapingo Serie Zonas Aridas, 57-64.
26. Loewe , V., y González, M. (2001). Nogal común (Juglans regia) Una alternativa para producir madera de alto valor. *I.S.B.N.: 956-7727-70-8*.
27. Marin, G.C., M.I.R. Mason, H.I. Forde, (1969). Changes in endogenous growth substances in the embryos of Juglans regia during stratification. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 94, 13-17.
28. Masias Bröcker, K. (2007). Caracterización de las propiedades tintóreas del extracto de nogal (*Juglans neotropica* Diels) proveniente de la cuenca alta del río Zaña. Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina; 122 pp. Descargado de http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/123456789/82/K50-M385-.pdf?sequence=1&isAllowed=y en febrero 2014.
29. Mendez, J.M., (2000). Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Danida Forest Seed Centre (DFSC) y Proyecto Semillas Forestales (PROSEFOR). Serie técnica. Manual técnico / CATIE No. 41, 209 pp. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Descargado de http://orton.catie.ac.cr/ REPDOC/A4588E/A4588E.PDF en febrero 2014.
30. Mesén F, Leakey RR, Newton A.C (1992). Hacia el desarrollo de técnicas de silvicultura clonal para el pequeño finquero. El Chasqui 28: 6 -18.
31. Monteiro, W., Marques, J., Pacheco, E. (2015). Produção de mudas de seringueira por meio do enraizamento de estacas coletadas em plantas adultas. Agrotrópica, vol. 27(2), p. 191-198.

32. Montes, R., y Arreola, J. (2008). Respuesta fisiológica a la poda de despunte en nogal pecanero [Carya illinoensis (Wangenh K. Koch)]. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 151-155.
33. Murillo, O. (2012). Propagación de árboles seleccionados. En: IX Congreso Nacional Agronómico y Forestal. San José, Costa Rica. 4-6 agosto 2012.
34. Murillo, O. (2005). Hacia el cultivo de madera en Costa Rica. *El Tatascán* (Honduras) Vol 17.
35. Murillo, O., Badilla, Y. y, Obando, G. (2001). ¿Semillas versus propagación vegetativa: hacia dónde vamos? Revista Forestal Latinoamericana 16(30): 67-77.
36. Murillo, O, Obando, G, Badilla, Y. y Araya, E. (2001). Estrategia de mejoramiento genético para el Programa de Conservación y Mejoramiento Genético de especies forestales del ITCR/FUNDECOR, Costa Rica. Revista Forestal Latinoamericana 16 (30): 273-285.
37. Murillo, O.; Rojas, J. L. y Badilla Y. (2003). Reforestación Clonal. 2da edición. Taller de Publicaciones. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 36 p.
38. Loewe , V., & González, M. (2001). Nogal común (*Juglans regia*) Una alternativa para producir madera de alto valor. *I.S.B.N.: 956-7727-70-8*.
39. Oliveira, M y Ribeiro, J. (2013). Enraizamiento de estacas de *Euplassa inaequalis* (Pohl) Engl. de mata de galería em diferentes estações do ano. Bioscience Journal, v.29, p.991-999.
40. Ospina , C., Hernández, R., Sánchez, O., Rincón, E., Ramírez, C., Godoy, J., Obando, D. (2010). *Guias silvivulturales,para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana. El nogal cafetero, Cordia alliodora (Ruiz y Pavón) Oken.* ISBN 978-958-8490-05-2, ISBN 978-958-8490-05-2.
41. Parry, M., C. Rosenzweig y M. Livermore. (2005). Cambio climático, suministro mundial de alimentos y riesgo de hambre. Phil Trans. Roy Soc. B, 360, 2125-2138, doi: 10.1098 / rstb.2005.1751
42. Ponce, G., D. Morales, (2011). Estudio de procesos de elaboración de tintes naturales con dos especies vegetales "Nogal" (*Junglans neotropica*) y "Guarango" (*Caesalpinia spinosa*) y propuesta de revalorización de saberes ancestrales con las mujeres de la Asociación de Artesanas “Wuarmi Maki” comunidad de Peguche en

el Cantón Otavalo. Tesis Pregrado, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Técnica del Norte (UTN). Descargado de http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/823 en enero 2014.

43. Rickli, H. (2015). Origem de brotações epicórmicas e aplicação de ácido indolbutirico no enraizamento de estacas de Vochysia bifalcata Warm. Ciência Florestal, v. 25, n. 2, p. 385-393.
44. Sánchez, E., Soto, J., Sosa, M., Yáñez, R., Muñoz, E., & Anchondo, A. (2009). Eficiencia de uso del nitrógeno en nogal pecanero. *Terra Latinoam vol.27(4) Chapingo oct./dic. 2009 (ONLINE)*.
45. Santelice, R. & A. Cabello, (2006). Efecto del ácido indolbutírico, del tipo de la cama de arraigamiento, del substrato, y del árbol madre en la capacidad de arraigamiento de estacas de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. Revista Chilena de Historia Natural 79: 55-64.
46. Stuepp, C. (2016). Indução de brotações epicórmicas por meio de anelamento e decepa em erva-mate. Ciência Florestal, v. 26, n. 3, p. 1009-1022.
47. Tarango, S., Alarcón, M., & Orrantia, E. (2011). Growth, yield, heavy metals and microorganisms in soil and fruit of pecans fertilized with biosolids. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.2(6)*, 799-811.
48. Topp G. y Ferré P. (2002). Thermogravimetric determinations using convective oven-drying, pp. 422-424. In: J.h. Dane and G.C. Topp (eds). Methods of soil analysis. part 4, physical methods. Soil Science Society of America, Inc., Madison.
49. Vallejos, J.; Badilla Y.; Picado, F. y Murillo, O. (2010). Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. Agronomía Costarricense. Vol.33, Número 1: 105-119.
50. Wendling, I.; Trueman, S. J.; Xavier, A. (2014). Maturation and related aspects in clonal forestry-Part I: concepts, regulation and consequences of phase change. New Forests, v. 45, n. 4, p. 449-471.
51. Wendling, I., Warburton, P., Trueman, S. (2015). *Maturation in Corymbia torelliana* × *C. citriodora* stock plants: effects of pruning height on shoot production, adventitious rooting capacity, stem anatomy, and auxin and abscisic acid concentrations. Forests, v. 6, p. 3763-3778, 2015.

52. Woodward, A.W. & B. Bartel. (2005). Auxin: Regulation, action, and interaction. Annals of botany 95: 707-735.
53. Xavier, A; Wendlin, I; Da Silva, R. (2009). Silvicultura Clonal. Principios e Técnicas. Editorial Universidad Federal de Vicosa. Vicosa, Minas Gerais, Brasil. 272p.
54. Xavier, A.; Wendlin, I. Silva, R. (2013). Silvicultura clonal: Principios e técnicas. 2.ed. rev. e ampl. Viçosa: Ed. da UFV, 2013. 278p.
55. Zobel, B Y Talbert, J. (1984). Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons. New York, USA. 510 p.

ANEXOS.