

Evaluación de giberelinas y sustratos orgánicos en el crecimiento inicial de plántulas de  
de (*Quercus humboldtii* Bondpl.)

Elkin José Acosta Mármol

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Agrarias

Departamento de Ingeniería Agronómica

Pamplona, septiembre de 2019

Evaluación de giberelinas y sustratos orgánicos en el crecimiento inicial de  
plántulas de (*Q. humboldtii*)

Elkin José Acosta Mármol

Trabajo de Investigación como requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo.

Director:

Andrés Iván Prato Sarmiento

Ingeniero agrónomo - Magister en Fitotecnia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Investigador M.S – C.I La Suiza (Rionegro, Santander)

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Agrarias

Departamento de Ingeniería Agronómica

Pamplona, septiembre de 2019

## Tabla de contenido

1. Introducción .....	8
2. Problema .....	10
2.1 Descripción del problema.....	10
2.2 Formulación del problema .....	11
2.3 Objetivos .....	13
2.3.1 Objetivo general .....	13
2.3.2 Objetivos específicos .....	13
2.4 Justificación.....	14
3. Marco teórico .....	15
3.2 Marco contextual.....	16
3.3 Marco legal.....	17
3.4 Glosario .....	18
4. Metodología .....	21
4.1 Experimento 1. Aplicación de giberelinas en semillas de roble andino.....	21
4.2 Experimento 2. Sustratos orgánicos en el crecimiento inicial de plántulas de roble andino .....	23
4.3 Recursos .....	27
5. Resultados y discusión.....	29
5.1 Experimento 1. Aplicación de giberelinas en semillas de roble andino.....	29
5.1.1 Porcentaje de emergencia de plántula (Pe).....	29
5.1.2 Tiempo medio de emergencia de plántulas (Tme) .....	29
5.2 Experimento 2. Sustratos orgánicos en el crecimiento inicial de plántulas de roble andino .....	31
5.2.1 Altura de plántula .....	32

5.2.2 Diámetro de tallo de plántula.....	32
5.2.3 Peso seco total por plántula. ....	33
6. Conclusiones .....	34
7. Bibliografía .....	35

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Arena de río desinfectada en horno, llenado de bolsas y posteriormente la siembra de las semillas en las diferentes concentraciones de GA3.-----	22
Figura 2. Realización de sustratos y llenado de bolsas.-----	24
Figura 3. Trasplante de plántulas de roble -----	25
Figura 4. Composición de abono orgánico BIOPALMA de PALNORTE S.A.S -----	26
Figura 5. Visualización de emergencia de las semillas y crecimiento inicial de plántulas en el sustrato con diferentes concentraciones de GA3.-----	31
Figura 6. Emergencia acumulada de plántulas en las diferentes concentraciones de GA3 -----	31

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Reporte de laboratorio de química de suelos para cada una de muestras de los sustratos. -----	26
Tabla 2. Rubro, insumos y costos utilizados en el estudio. -----	27
Tabla 3. Promedio de emergencia de plántulas (%) del roble andino de acuerdo a la aplicación de giberelinas. -----	29
Tabla 4. Promedio de tiempo medio de emergencia (días) del roble andino de acuerdo a la aplicación de giberelinas. -----	30
Tabla 5. Promedio de altura de planta del roble andino de acuerdo al uso de sustratos orgánicos -----	32
Tabla 6. Diámetro de tallo (mm) planta del roble andino de acuerdo a la al uso de sustratos orgánicos. -----	32
Tabla 7. Peso seco total de planta del roble andino de acuerdo a la al uso de sustratos orgánicos. -----	33

## Agradecimientos

A Dios primeramente por la vida y la oportunidad de realizar el proyecto de investigación, a mis docentes y tutor por el apoyo, enseñanzas y confianza puesta en mí para la ejecución del presente trabajo. A mis padres por sus esfuerzos, dedicación y motivación a lo largo de mi formación, ejecución y realización de la investigación realizada. A mis compañeros por su compañía y amistad.

Al Ingeniero e investigador de AGROSAVIA Andrés Prato por su dedicación, tiempo, apoyo, enseñanzas y tutoría a lo largo de la investigación; por su paciencia en los procedimientos requeridos.

## 1. Introducción

Colombia se caracteriza por la elevada diversidad de flora y fauna a lo largo y ancho del país, con un área ocupada por bosques naturales entorno a los 60 millones de hectáreas, es decir, poco más de la mitad de su territorio (52%). No obstante, se evidencian elevadas tasas de deforestación del orden de las 124.035 ha cada año (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2015). Dentro de las causas principales se podría resaltar la expansión de las áreas destinadas a la minería, pasturas, agricultura y cultivos ilícitos. Además, datos recientes dan cuenta que el panorama continúa siendo poco alentador ya que los bosques representan alrededor de 84,1% de la oferta nacional de madera, mientras las plantaciones forestales tan solo aportan el 12,4% (MADR, 2011).

La problemática es más aguda, pues existe falta de conocimiento forestal y silvicultura de las especies nativas, ocasionando que la mayoría de las plantaciones sean dominadas por especies exóticas, principalmente de (*Acacia* spp, *Eucaliptus* spp, *Pinus* spp y *Tectona grandis*). Las cuales se caracterizan por su rápido crecimiento y adaptabilidad.

Dentro de las especies endémicas más emblemáticas de los bosques andinos premontanos se encuentran los robles colombianos (familia *Fagaceae*), los cuales son representados por dos especies: el roble común o blanco (*Q. humboldtii*) y el roble negro (*Quercus velutina*). Los bosques de *Q. humboldtii*, son ecosistemas de importancia socioeconómica ya que proporcionan productos a las comunidades, localizándose en las tres cordilleras desde los 1.000 m hasta los 3.500 m de altitud, en los departamentos de Antioquia, Bolívar, Boyacá, Caldas, Caquetá, Cauca, Chocó, Cundinamarca, Huila, Quindío, Risaralda, Nariño, Norte de Santander, Santander, Tolima, Valle del Cauca, Cesar y Córdoba. También, crece naturalmente en Panamá, Ecuador y Venezuela



Las poblaciones de roble *Q. humboldtii* han sido sometidas a una fuerte extracción selectiva y pérdida de hábitat, por lo que se encuentran en la categoría de Vulnerable (VU), según la lista La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

La producción de plántulas durante la fase de vivero es influenciada por numerosos factores, siendo los sustratos y edad de cultivo unas de las principales. Muchos tipos de constituyentes son empleados en la actualidad, por ejemplo, turba, fibra de coco, corteza de pino, vermiculita, compost de residuos vegetales y orgánicos, entre otros. Al final, su selección depende del costo de adquisición y cercanía a los viveros, como de las propiedades físicas y químicas. Las excretas de aves de corral y residuos orgánicos de la extracción de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) son dos subproductos orgánicos de la avicultura y el sector palmero en Colombia. Aunque se caracterizan por la alta concentración de macro y micronutrientes, a la fecha continúan siendo considerados un residuo. Una alternativa para disminuir el impacto ambiental de ambos sistemas de producción sería su reutilización para la formulación de sustratos en roble.

Este trabajo evaluó la aplicación exógena de giberelinas en semillas y posterior producción de plántulas de roble en diferentes sustratos. -

## 2. Problema

### |Descripción del problema

Las especies forestales nativas de Colombia tienen elevado potencial de uso en la silvicultura, proyectos de restauración de áreas degradadas y en los sistemas agroforestales. Sin embargo, algunas de ellas se encuentran vulnerables a la extinción. Por tanto, el desarrollo de protocolos y tecnologías para la obtención de plántulas de alta calidad y en menor tiempo contribuyen a su conservación y facilita la labor de los viveristas.

En general, se requieren extensos periodos de evaluación hasta el aprovechamiento forestal para la mayoría de las especies, entre 15 a 30 años. Para garantizar el éxito de los proyectos de reforestación comercial y restauración de bosques de roble en el país, un sistema de producción de plántulas eficiente y de calidad es necesario. Uno de los factores que más influencia son los sustratos, los cuales son formulados con una amplia variación de sus propiedades físicas y químicas. Por ejemplo, atributos físicos y químicos como la densidad, aeración, capacidad de retención de agua, disponibilidad de nutrientes, pH y la relación de (N/C) difieren ampliamente entre sustratos o sus combinaciones (Schafer et al., 2015).

El área total de la palma de aceite en Colombia está constituida por 466.185 hectáreas en 2015; de las cuales, 88.523 se encontraban en fase de desarrollo y 377.662 en fase de producción, lo que indica una composición del 19 % en edad improductiva y 81 % en producción, importancia para el PIB nacional, destacando a los departamentos de Santander y Norte de Santander). La biomasa generada por los cultivos de palma de aceite, en la fase de plantación y en las plantas extractoras de aceite ha sido clasificada en tres grupos: racimos de frutos vacíos o raquis, troncos y hojas, por sus siglas en inglés popularmente conocidas como EFB, OPT y OPF.

## Formulación del problema

Los bosques de roble han sufrido un discriminado aprovechamiento a través de la historia, ya que inclusive desde la época de la conquista una de las formas de someter a los indígenas de la zona era acabar con sus símbolos y ritos de adoración; el roble era un árbol sagrado lo que llevo a que su población fuera disminuida por orden de la Corona española. Su madera ha sido ampliamente utilizada en construcción de viviendas, carrocerías, vagones, cabos de herramientas, ebanistería y túneles para almacenamiento de licores. Otro de sus usos es la producción de carbón vegetal. (Hernandez, 2002)

Un fenómeno que ha tomado gran auge en los últimos años es el establecimiento de cultivos ilícitos dentro del bosque natural, que no solo deterioran el ecosistema, sino que a la vez genera conflictos sociales en la zona (Hernandez, 2002)

Según el libro rojo de especies maderables amenazadas; “a pesar de ser una especie de amplia distribución, abundante y conformar grandes bosques, la mayoría de las corporaciones autónomas regionales del país la reportan como una especie con un grado avanzado de amenaza debido a la extracción de madera. De acuerdo a las corporaciones casi el 42% de sus poblaciones han sufrido un intenso proceso de disminución llevando al roble a la categoría vulnerable. (Salinas, 2006). No obstante, el país enfrenta una gran problemática asociada al aprovechamiento de recursos madereros; la cual está relacionada con la baja presencia institucional que garantice la aplicación de lo establecido en el régimen de aprovechamiento forestal (Decreto 1791 de 1996, propiedad de la Secretaría Jurídica Distrital de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.), la baja generación y socialización del conocimiento científico y técnico para promover el uso racional de los recursos, la falta de adecuados planes de ordenamiento y manejo forestal, la utilización de

tecnologías no apropiadas, la baja participación comunitaria y la falta de mecanismos para la distribución justa y equitativa de los beneficios (Salinas, 2006).

## Objetivos

### 2.3.1 Objetivo general

- Evaluar la aplicación exógena de giberelinas y sustratos orgánicos en el crecimiento inicial de plántulas de alta calidad de roble (*Q. humboldtii*)

### 2.3.2 Objetivos específicos

- Calcular la aplicación de giberelinas en semillas de roble (*Q. humboldtii*.)
- Comparar las variables de porcentaje y tiempo medio de emergencia en semillas de roble (*Q. humboldtii*) dependiente de la concentración de giberelinas.
- Determinar el mejor sustrato según sus propiedades fisicoquímicas para la producción de plántulas de (*Q. humboldtii*) en vivero.

## Justificación

La presente investigación se llevó a cabo, debido a la importancia de los bosques nativos en Colombia con respecto a los maderables, en este caso el roble (*Q. humboldtii*) el cual se encuentra en una categoría vulnerable (VU) según lo dicho por (Salinas, 2006) “El roble es una especie casi exclusiva de Colombia, creciendo solo por fuera del territorio Colombiano en el Darien panameño; en Colombia se distribuye a lo largo de las regiones montañosas, entre 1000 y 3600m de altura. Por lo tanto, se llevó a cabo la siembra de las semillas de roble (*Q. humboldtii*) en diferentes concentraciones de ácido giberelico con el propósito de evaluar la emergencia de las mismas. Las giberelinas están implicadas directamente en el control y promoción de la emergencia o germinación de las semillas; el ácido giberelico (GA3) puede romper la latencia de las semillas y remplazar la necesidad de estímulos ambientales, tales como luz y temperatura. (Pedro Saldívar-Iglesias, 2010).

Los resultados obtenidos en esta investigación serán de gran aporte y ayuda a las diferentes personas que deseen continuar dicha investigación.

### 3. Marco teórico

#### Descripción botánica del roble blanco (*Q. humboldtii*)

Es un árbol de lento crecimiento y gran porte que alcanza alturas de 40 m. Su fuste es recto y cilíndrico, con diámetro a la altura del pecho entre 40 a 70 cm, su corteza de color negruzca, en estado juvenil es lisa y en estado adulto exfoliable (Lozano y torres 1974, Marín y Córdoba 1997, Pacheco y Pinzón 1997, Galindo et. al 2003).

La madera es dura y pesada duramen de color amarillo oscuro o grisáceo, los radios conspicuos, en los cortes longitudinales son de color marrón claro, olor y sabor no distintivos. Grano recto. Textura gruesa. Veteado acentuado por los radios conspicuos. Lustre bajo. Resistente a la pudrición en contacto con el suelo. Densidad 0.9 a 1.0 gr/ cm<sup>3</sup> (Pacheco y Pinzón 1997, Galindo et. al 2003).

Su copa es globosa y densa, y presenta yemas vegetativas de posición lateral, protegidas por catafilos o escamas ciliadas. Las hojas son simples, alternas, enteras, lanceoladas, coriáceas y delgadas, ápice agudo, base cuneada 10 a 20 cm de largo. El haz glabro y un poco lustroso y la base de la nervadura central algo tomentosa. Las flores son de color crema, presenta inflorescencias masculinas amentoides, con estambres numerosos, cada uno con dos sacos polínicos. Las flores femeninas tienen el cáliz coniforme, que una vez formado el fruto lo recubre en forma parcial (Nieto & Rodríguez 2004).

Los frutos tienen forma de cápsula (bellota), leñosa blanquecina de 2 a 4 cm. de largo y 2 a 2.5 cm de ancho, redondeada u ovada y está incluida dentro de una cúpula escamosa. El periodo de fructificación es anual, empieza en algunos árboles cuando su talla es apenas de 2 m. aunque el proceso suele iniciarse hacia los 4-5 m de altura. Un árbol adulto puede llegar a producir entre 5 y 8 kg de semillas, aproximadamente entre 150 y 500 semillas por kilo. La viabilidad de las semillas

en campo es del 20% (Becerra y Macías 1973, Becerra 1979, 1989, Lozano y torres 1974, Marín y Córdoba 1997, Pacheco y Pinzón 1997, Galindo et. al 2003, Nieto & Rodríguez 2004).

La producción de semillas por parte de un árbol puede estar condicionadas a diversas situaciones, el grado en que un área se suministra por semilla puede ser afectada por el mecanismo de dispersión, espacio-temporal limitaciones a la dispersión de las mismas y los niveles dependientes del tamaño del árbol de la producción de bellotas a nivel de especie; como altura y el ancho de la copa; como la depredación total de las semillas por parte de la fauna silvestre que se alimenta de ella. La producción puede estar asociada a diversas reacciones. Respecto a los factores abióticos, diferentes estudios realizados a nivel de comunidad y de especies en bosques tropicales bajos han encontrado que los picos de producción de frutos por lo general se presentan desde mediados de la estación seca hasta mediados de la estación de lluvias (Parrado & Rosselli 2005).

### Marco contextual

El departamento Norte de Santander, posee una extensión de 21.217 km<sup>2</sup>, que equivalen al 24% de la superficie total del país y al 10.3% con respecto a la región Andina (265.414km<sup>2</sup>). En Norte de Santander se estima que existen 810 mil hectáreas de bosques naturales en diferentes estados de conservación, así mismo, el 74% del territorio posee vocación forestal protectora y productora. Por otra parte 400 mil hectáreas son aptas para el establecimiento y consolidación de núcleos forestales comerciales para el soporte de una producción forestal sostenible que garantice el suministro de materia prima en procesos de transformación y comercialización. (CORPONOR, 2011)



En las últimas décadas, los comportamientos irresponsables del ser humano han afectado seriamente el recurso forestal, entre las que se resalta la colonización, tala ilegal, aprovechamiento indiscriminado de especies forestales, incendios, cultivos de uso ilícito, minería ilegal, entre otros. Los bosques cumplen un papel muy importante para la vida de los seres humanos. En este sentido ofertan una multiplicidad de bienes y servicios ecosistémicos que benefician a comunidades urbanas y rurales, entre los cuales se destaca: Regulación hidrológica, protección de suelos, mitigación del cambio climático, albergue de biodiversidad, recreación y servicios culturales, oferta de bienes como madera, follaje, forraje, alimentos, entre otros. (CORPONOR, 2011)

El trabajo fue realizado en el municipio de Pamplona, el cual se encuentra a 2287 msnm, fundada en 1549, presenta una temperatura de 15 °C está ubicada a 75 km de Cúcuta

#### Marco legal

El uso histórico de la madera del roble por parte de las comunidades ha ocasionado la extinción de la especie en varias localidades, por tal motivo el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INDERENA), en el año 1974 publica la resolución 0316, en la que se prohíbe cortar robles y comercializar su madera, excepto en Cauca, Nariño y Antioquia, si no es para carbón leña o pulpa. En 2006, el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, publica la resolución 0096, la cual modifica la anterior resolución, ampliando la veda en los departamentos excluidos (Natura 2006). De otro lado, según el Libro Rojo de Plantas de Colombia (*Q. humboldtii*) es valorado como una especie en la categoría UICN, Vulnerable (VU), dadas sus características ecológicas, biogeográficas y el nivel de uso que ha presentado históricamente (Calderón et. al 2002, Natura 2006). La resolución 383 del Ministerio de Ambiente Vivienda Desarrollo Territorial, declara el roble blanco como especie amenazada; por lo tanto, veda su uso y explotación debido a la fuerte presión que existe sobre los bosques, que amenazan constantemente esta especie.

## |Glosario

**Semillas:** Es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas. Ésta desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica.

**Roble:** Es el nombre que reciben distintos árboles pertenecientes a la familia Fagaceae, sobre todo a aquellas especies del género *Quercus*.

**Robledal:** Se refiere a un paraje, zona o lugar de gran extensión en donde se planta o se cultiva el arbusto del roble, también se dice a un robledo de gran expansión o prolongación o de mayor abundancia, suele aplicar a otros nombres comunes del género *Quercus*.

**Exfoliable:** Dícese en agronomía que es un árbol con característica frondosa, es decir, con un gran número de hojas distribuidas.

**Cúpula:** Cubierta con forma de media esfera o aproximadamente semiesférica que cierra un espacio de planta central poligonal o circular.

**Coriáceas:** Se dice de las hojas cuyo limbo es duro y espeso.

**Germinación:** La germinación de las semillas comprende tres etapas sucesivas que se superponen parcialmente: 1) la absorción de agua por imbibición, causando su hinchamiento y la ruptura final de la testa. 2) el inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en crecimiento del embrión, y 3) el crecimiento y la división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula. En la mayoría de las semillas el agua penetra inicialmente por el micrópilo y la primera manifestación de la germinación exitosa es la emergencia de la radícula.

Giberelinas: son un tipo de regulador de crecimiento que afecta a una amplia variedad de fenómenos de desarrollo en las plantas, incluidas la elongación celular y la germinación de las semillas.

Concentraciones: La concentración química es la cantidad en que se encuentran las sustancias que se disuelven (solute) en relación a la o las sustancias que lo disuelven (solvente).

Emergencia: Dícese del proceso de crecimiento o germinación de una semilla como planta.

Hormonas: Son aquellas sustancias o productos de la secreción de determinadas glándulas del cuerpo de los animales, las personas o las plantas, las cuales transportadas por la sangre o en su defecto por la savia, cumplen la función de regular la actividad de otros órganos.

Plántulas: Etapa del desarrollo del esporófito, que comienza cuando la semilla sale de su dormancia y germina, y termina cuando el esporofito desarrolla sus primeras hojas no cotiledonares. Una plántula típica consiste de tres partes principales: la radícula o raíz embrionaria, el hipocótilo o tallo embrionario y los cotiledones además de una o dos de sus hojas verdaderas, por encima de los cotiledones.

Latencia: Condición especial de crecimiento suspendido en el cual la planta y algunas partes de la planta como las yemas y las semillas no comienzan a crecer si no se dan determinadas condiciones ambientales.

Enzimas: Es una molécula que se encuentra conformada principalmente por proteína que producen las células vivas, siendo su función destacada la de actuar como catalizador y regulador en los procesos químicos del organismo, es decir, cataliza las reacciones bioquímicas del metabolismo.

Bloques completos al azar: Trata de comparar tres fuentes de variabilidad: el factor de tratamientos, el factor de bloques y el error aleatorio. El adjetivo completo se refiere a que en cada bloque se prueban todos los tratamientos.

#### 4. Metodología

El estudio se ejecutó en las instalaciones de la Universidad en Pamplona (7°22'34"N 72°38'54"O y 2.342 m de altitud), localizada en el municipio de Pamplona, Norte de Santander. La región presenta un clima trópicol según clasificación climática de Koeppen con alrededor de 921 mm. El valor más bajo de temperatura se reporta para enero con 12.4 grados centígrados y el máximo 16.9 grados centígrados

Las actividades tuvieron una duración de seis meses y divididas en dos fases o experimentos, como se indica a continuación:

##### Experimento 1. Aplicación de giberelinas en semillas de roble andino

Se utilizaron semillas de *Q. humboldtii* adquiridas comercialmente y oriundas de fuentes de semilleros silvestres identificados (cosecha realizada el 16 de abril 2018, ubicados en la sabana de Bogotá). Estas semillas fueron llevadas en el menor tiempo posible al laboratorio luego de su recepción, es decir, 48 horas después de su cosecha en campo. Inicialmente, se determinó el contenido de humedad (%H) mediante cuatro repeticiones de 10 semillas que serán dispuestas dentro de recipientes de vidrio durante  $17 \pm 1$  horas y  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  en un horno con ventilación forzada (Bonner y Vozzo, 1983), de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\%H = (100 * (P - p)) / (P - t);$$

P = peso inicial, peso del recipiente + peso de la semilla húmeda;

p = peso inicial, peso del recipiente + peso de la semilla seca;

t = tara, peso del recipiente.

Además, se determinó el diámetro longitudinal y diámetro ecuatorial de 100 semillas (pie de rey digital, precisión de 0,1 mm), y el número de semillas por kilogramo mediante la media de ocho repeticiones de 100 semillas (balanza analítica, precisión de 0,01 g).

Las semillas de roble pasaron por un proceso sanitario mediante la inmersión en solución de hipoclorito de sodio al 2% durante 5 min y un lavado posterior tres veces en agua destilada, descartándose aquellas semillas flotantes, con apariencia enferma o atacada por plagas (Sepúlveda et al., 2014); para esto se tomaron datos con respecto al peso seco y húmedo de las semillas, viendo de esta manera cuales habían sido inhibidas y consecutivamente determinando el porcentaje de humedad de las mismas. Los tratamientos pre-germinativos consistieron en la inmersión de las semillas en cuatro concentraciones de giberelinas (0ppm, 150ppm, 300ppm, 600 ppm) durante 12 horas a temperatura ambiente, implementando un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones de 25 semillas, para un total de 100 semillas por cada tratamiento.

Se empleó como sustrato arena de río esterilizada (70°C durante 32 horas) en horno y pasó por una malla zaranda de 5 mm. Entonces, cada semilla de roble fue sembrada en bolsas plásticas (18 cm altura x 10 cm ancho) a una profundidad de 1 cm bajo condiciones de ambiente protegido. Una vez realizada la siembra, las semillas fueron cuando fue necesario.



Figura 1. Arena de río desinfectada en horno, llenado de bolsas y posteriormente la siembra de las semillas en las diferentes concentraciones de GA3.

Cada dos días, se registró el número de semillas emergidas (cuando cualquier parte visible supere la línea del sustrato) hasta el día 52 cuando ceso el proceso de emergencia en todos los tratamientos y se determinaron las siguientes variables fisiológicas, conforme Maguire (1962):

- Porcentaje de emergencia de semillas.
- Tiempo medio de emergencia
- Emergencia acumulada

La temperatura y humedad relativa del aire durante la fase de fueron registradas con auxilio de un datalogger (CEM, modelo DT-170), cada 5 minutos a 2 metros de altura en el interior del invernadero.

- Temperatura: promedio=15,8 °C; máxima=28,5°C, mínima=10,5°C
- Humedad relativa: promedio= 75,2%; máxima=89,3%; mínima=42,3%.

#### Experimento 2. Sustratos orgánicos en el crecimiento inicial de plántulas de roble andino

Transcurridos 58 días desde la siembra fueron seleccionadas plántulas homogéneas en altura colocar el valor promedio de altura y diámetro al momento del trasplante, se implementó el diseño de parcelas divididas en arreglo de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y ocho plántulas por unidad experimental.

La parcela principal correspondió a tres sustratos con diferentes proporciones volumétricas de compost comercial de gallinaza (CG), compost comercial a base de raquis de palma de aceite africana (CP) y subsuelo de la región (SR): S1 = 25% compost gallinaza + 25% subsuelo región + 50% compost palma; S2 = 50% compost + 50 % arena; S3 = 25% compost gallinaza + 25% compost palma + 25% subsuelo región + 25% arena.



Figura 2. Realización de sustratos y llenado de bolsas.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y las medias separadas por la prueba Tukey cuando hubo significancia ( $p < 0,05$ ). Se realizó en el programa estadístico SAS versión 9.3.

Transcurridos 95 días desde el trasplante a las bolsas plásticas (15 cm x 20 cm – diámetro x altura), se determinaron las siguientes variables:

- Altura de planta (AP): línea del sustrato hasta la gema terminal, mediante flexómetro (0.01 cm)
- Diámetro de tallo (DT), a nivel del sustrato, mediante pie de rey digital (0.01 mm)
- Peso seco total (promedio de cinco plántulas seleccionadas al azar por tratamiento de sustrato)

La temperatura y humedad relativa del aire durante la fase de fueron registradas con auxilio de un datalogger (CEM, modelo DT-170), cada 30 minutos a 2 metros de altura en el interior del invernadero.

Temperatura: promedio=15 °C; máxima=35,5°C, mínima=8,1°C



Humedad relativa: promedio= 74,5%; máxima=98,7%; mínima=27,8%.



Figura 3. Trasplante de plántulas de roble

El compost comercial de gallinaza de la empresa ABIMGRA es una mezcla física en polvo seco de gallinaza compostada adicionada con roca fosfórica, polihalita y azufre , mientras el compost comercial a base de raquis de palma de aceite africana de la empresa ORGANICOS PALNORTE, la cual produce abonos orgánicos a base de raquis de palma de aceite enriquecidos con microorganismos eficientes ubicada en el municipio de Tibú Norte de Santander. Por último, el subsuelo de la región (0 a 20 cm de profundidad) procede de propiedades rurales dedicadas a la ganadería y próximas al municipio de Pamplona.



Figura 4. Composición de abono orgánico BIOPALMA de PALNORTE S.A.S

. Así mismo, se determinaron las propiedades físicas (densidad aparente por el método de auto compactación, tensión a 0 y 10 hPa) y químicas (pH, conductividad eléctrica, CIC acidez intercambiable, concentración de , K, P, Ca, Mg y Na, y ) de cada sustrato siguiendo la metodología empleada para suelos. Además, todos los constituyentes se pasaron por una malla tamiz de 10 mm.

Tabla 1. Reporte de laboratorio de química de suelos para cada una de muestras de los sustratos.

Propiedades físicas	S1	S2	S3
pH	7,38	7,59	7,39
Conductividad eléctrica	12,79	2,50	12,80
Materia orgánica	7,61	6,98	8,13
P	351,37	94,13	336,85

CIC	ND*	ND*	ND*
Al	ND*	ND*	ND*
Ca	52,63	11,60	57,03
Mg	3,54	3,25	4,31
K	4,83	2,33	5,38
Na	0,64	0,17	1,06
CICA	61,65	17,35	67,78

\*ND: No Determinado

Recursos

Para la ejecución del presente estudio se necesitaron los siguientes insumos, materiales y equipos,

Tabla 2. Rubro, insumos y costos utilizados en el estudio.

Rubro	Presentación comercial	#	Costo unitario	Costo total
Semilla de roble (Empresa El Semillero, Bogotá D.C)	Kg	10	\$24.000	\$240.000
Bolsas plásticas color negro, calibre 3 (16 cm altura x 10 cm ancho)	Paquete de 100 unidades	5	\$4.000	\$20.000
Bolsas de papel de ½ y 1 libra	Paquete de 100 unidades	2	\$5.000	\$10.000
Bolsas plásticas color negro, calibre 3 (20 cm altura x 16 cm ancho)	Paquete de 100 unidades	5	\$5.000	\$25.000
Malla zaranda plástica de 1 mm y 5 mm	Unidad	2	\$10.000	\$20.000
Pie de rey digital (precisión 0,01 cm)	Unidad	1	\$80.000	\$80.000
Flexómetro (precisión 0,1 cm)	Unidad	1	\$5.000	\$5.000
Datalogger USB de temperatura y humedad relativa (CEM, DT-172)	Unidad	1	\$250.000	\$250.000

Balanza analítica (0,001 g)	Unidad	1	Unipamplona	
Horno con ventilación forzada	unidad	1		
Mesones de madera 1 m ancho x 8 m largo (crecimiento inicial)	Unidad	1		
Compost comercial de gallinaza (Empresa Biotrópica, Bucaramanga)	Bulto de 50 kg	2	\$9.000	\$18.000
Compost comercial de frutos vacíos de palma de aceite ORGANICOS PALNORTE	Bulto de 50 kg	2	Sin costo	
Subsuelo de la región (Pamplona)	Bulto de 50 kg	2	Sin costo	
Giberelinas para uso <i>in vitro</i> (99%, Empresa Química MG, Bogotá D.C)	1 gramo	1	\$180.000	\$180.000
Análisis físico y químico de suelos (Laboratorio suelos y aguas de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá)	Densidad aparente, carbono orgánico, curva de retención de humedad a 0 y 10 hPa pH, CE, acidez intercambiable, CIC, concentración de , K, P, Ca, Mg y Na,	4	\$167.000	\$668.000
Servicio para el envío de muestra de sustratos a Bogotá	Unidad	1	\$25.000	\$25.000
<b>Total</b>			\$1.541.000	

## 5. Resultados y discusión.

### Experimento 1. Aplicación de giberelinas en semillas de roble andino.

#### 5.1.1 Porcentaje de emergencia (Pe)

Los resultados nos muestran que el mayor porcentaje de emergencia lo presentó la concentración de 300 ppm, con un 96,8% pero sin diferencia significativa con respecto a las dosis de 0ppm y 150 ppm, esto se atribuye al efecto inhibitorio de las giberelinas en la hidrólisis de carbohidratos en este proceso de emergencia. La concentración donde se obtuvo el más bajo porcentaje con un 24% de emergencia fue el de 600 ppm.

Tabla 3. Promedio de emergencia de plántulas (%) del roble andino de acuerdo a la aplicación de giberelinas.

Concentración de giberelinas	Promedio de emergencia de plántulas %
0ppm	91 a
150ppm	87 a
300ppm	97 a
600ppm	24 b
ANOVA (valor p)	0,0003
Medias con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ )	

#### 5.1.2 Tiempo medio de emergencia de plántulas (Tme)

La prueba estadística para esta variable nos indica que no presentó diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los tratamientos, la concentración de 150 ppm presentó el menor

tiempo medio de emergencia con 29,4 días en comparación con las demás concentraciones de Oppm, 300ppm, 600 ppm, que obtuvieron valores de 32,71; 30,34; 32,25 días respectivamente, .

Los resultados de esta medición se relacionan con los resultados de Amador-Alvarez et al, (2013) quienes sometieron semillas de *Ferocactus histrix* (cactus) a concentraciones de ácido giberélico de 125ppm, 250ppm y 500 ppm en donde se obtuvieron tiempos de emergencia de 15 a 25 días; lo que nos indica que el efecto del ácido giberélico fue exitoso, pues las semillas que fueron tratadas con 150 ppm del ácido giberélico, presentaron diferencias significativas con respecto al testigo (0 ppm: 32,71 días) lo que coincide con Bewley (1997) quien afirma que las giberelinas aceleran el proceso de germinación, esto probablemente ocurre debido a las giberelinas inducen el rompimiento de la latencia después de la imbibición de las semillas, permitiendo el desarrollo del embrión (Siobhan y McCourt, 2003), además, provocan la hidrólisis de las paredes celulares de las semillas ricas en galactomanasas y reduce el potencial hídrico de la célula que forman parte de la resistencia mecánica para la protrusión de la radícula (Gil & Miranda, 2008).

Tabla 4. Promedio de tiempo medio de emergencia (día) del roble andino de acuerdo a la aplicación de giberelinas.

Concentración de giberelinas	Tiempo medio de emergencia (día)
Oppm	33 a
150ppm	29 a
300ppm	30 a
600ppm	32 a
ANOVA (valor p)	0,2528
Medias con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey (p<0.05)	

En la siguiente figura, se evidencia la emergencia y crecimiento inicial de las plántulas de roble.



Figura 5. Visualización de emergencia de las semillas y crecimiento inicial de plántulas en el sustrato con diferentes concentraciones de GA3.

Se calculó otra variable en esta fase, la cual tiene el porcentaje de emergencia acumulada de plántulas en cada una de las concentraciones de giberelinas, en la siguiente figura se pueden apreciar los porcentajes respectivos de las concentraciones.

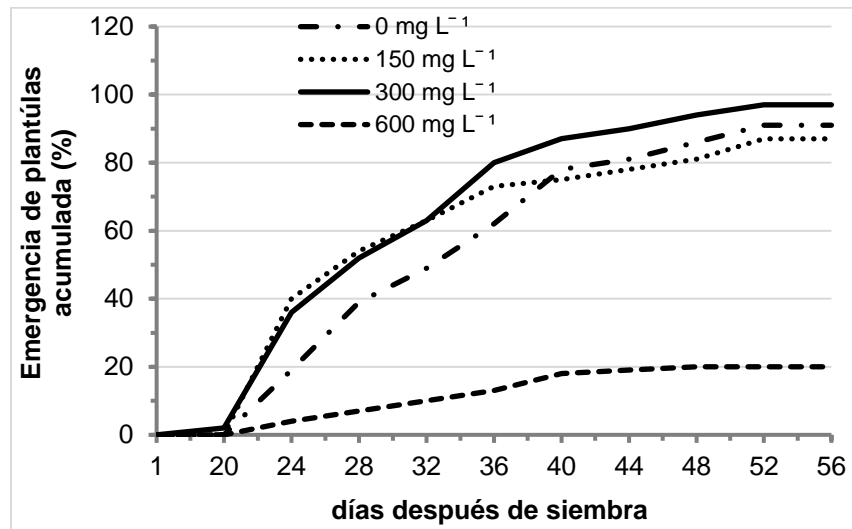


Figura 6. Porcentaje de plántulas acumuladas en las diferentes concentraciones de GA3

Experimento 2. Sustratos orgánicos en el crecimiento inicial de plantulas de roble andino

### 5.2.1 Altura de Plántulas

Con base en los datos obtenidos de dichas plántulas, en promedio y en relación con los resultados las plántulas no obtuvieron diferencias significativas en los 3 sustratos.

Tabla 5. Promedio de altura de planta del roble andino de acuerdo a la al uso de sustratos orgánicos

Sustratos	Altura de planta (cm)
S1 (25% compost gallinaza + 25% subsuelo región + 50% compost palma)	15,7 a
S2 (50% compost palma + 50 % arena)	16,5 a
S3 (25% compost gallinaza + 25% compost palma + 25% subsuelo región + 25% arena)	16,9 a
ANOVA (valor p)	0,5814
Medias con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ )	

### 5.2.2 Diámetro de tallo plántula

Esta variable realmente no tuvo diferencias significativas, por lo tanto, las plántulas de los 3 tratamientos obtuvieron buen desarrollo en cuanto al diámetro del tallo en mm

Tabla 6. Diámetro de tallo (mm) planta del roble andino de acuerdo a la al uso de sustratos orgánicos.

Sustratos	Diámetro de tallo (mm)
S1 (25% compost gallinaza + 25% subsuelo región + 50% compost palma)	5,0 a
S2 (50% compost palma + 50 % arena)	5,2 a
S3 (25% compost gallinaza + 25% compost palma + 25% subsuelo región + 25% arena)	5,0 a



ANOVA (valor p)	0,6556
Medias con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey (p<0.05)	

### 5.2.3 Peso seco total por plántula.

Esta variable de estudio depende mucho del sustrato donde es trasplantada la plántula para su crecimiento, de acuerdo a la comparación de resultado de los sustratos mediante la prueba de Tukey no hubo diferencias entre tratamientos.

Tabla 7. Peso seco total de planta del roble andino de acuerdo a la al uso de sustratos orgánicos.

Sustratos	Peso seco total (gr)
S1 (25% compost gallinaza + 25% subsuelo región + 50% compost palma)	4,77 a
S2 (50% compost palma + 50 % arena)	5,01 a
S3 (25% compost gallinaza + 25% compost palma + 25% subsuelo región + 25% arena)	5,18 a
ANOVA (valor p)	0,9499
Medias con la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey (p<0.05)	

## 6. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se pudo concluir que la inhibición de las semillas de (*Q. humboldtii*) en ácido giberélico durante 12 horas tuvo un impacto negativo en el proceso de emergencia, reflejado en la concentración 600 ppm la cual presentó un índice bastante inferior con respecto a la emergencia de semillas sin la aplicación, por otro lado, con un grado de significancia  $P < 0.05$  se pudo afirmar que no hay diferencias significativas entre las constantes fisiológicas como porcentaje de emergencia y tiempo medio de emergencia de las semillas en las concentraciones 0ppm, 150ppm y 300 ppm.

Con un grado de significancia de ( $p < 0.05$ ), se concluye que esta fase de la investigación representa diferencia negativa entre la aplicación de giberelinas en semillas de roble (*Q. humboldtii*) para la concentración de 600ppm, por lo tanto, no se recomienda la aplicación de la hormona, ya que la emergencia de las semillas para las concentraciones 0ppm, 150ppm, 300ppm, no fue relevante.

Con un grado de significancia de  $p < 0.05$  se concluye que el estudio realizado en la segunda fase de la investigación, el uso de los sustratos evaluados no influye sobre el crecimiento de las plántulas trasplantadas a los mismos.

## 7. Bibliografía

- Climate-Data.org. (s.f.). *Climate-Data.org*. Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/norte-de-santander/pamplona-50220/>
- CORPONOR. (7 de Octubre de 2011). *CORPONOR*. Obtenido de <https://corponor.gov.co/web/index.php/2011/10/07/los-nortesantandereanos-tenemos-un-plan-iconservar-y-reforestar/>
- Hernandez, J. A. (3 de Septiembre de 2002). *Monografias.com S.A.* Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos11/roco/roco2.shtml#pro>
- López, J. S. (2 de Noviembre de 2017). Efecto de diferentes mezclas de sustratos sobre la germinación y crecimiento de plántulas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en condiciones de invernadero. Facatativá, Cundinamarca, Colombia. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/143468271.pdf>
- M. Labarca, N. Sanabria y A. Arcia. (Octubre de 2006). Patogenicidad de *Pestalotiopsis palmarum* Cooke, sobre plantas de vivero de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.). *www.scielo.org*. Obtenido de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182006000400005](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182006000400005)
- MIRANDA, C. C. (Julio - Septiembre de 2016). Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre la germinación de semillas de badea (*Passiflora quadrangularis* L.) en condiciones de invernadero. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS*, 10(2), 286. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v10n2/v10n2a09.pdf>
- mundo, C. p. (s.f.). *Cucutanuestra.ocm*. Obtenido de <https://www.cucutanuestra.com/temas/geografia/municipios/region-sur/pamplona/pamplona.htm>
- Pedro Saldívar-Iglesias, A. L.-C.-R.-G. (2010). *Ácido giberélico en la Germinación de semillas de Jaltomata procumbens (Cav.) J. L. Gentry*. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca Estado de México: Scielo. Obtenido de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212010000200012](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212010000200012)
- Salinas, D. C. (2006). *Libro Rojo de Plantas de Colombia Especies Maderables Amenazadas Parte I*. Bogota D.C.: Instituto Amazonico de Investigaciones Cientificas SINCHI. Recuperado el 15 de Febrero de 2006, de <https://senaintro.blackboard.com/bbcswebdav/users/1130585219/LibroRojoMaderables.pdf>
- universia, F. (4 de Septiembre de 2017). *universia.net*. Obtenido de <https://noticias.universia.cr/educacion/noticia/2017/09/04/1155475/tipos-investigacion-descriptiva-exploratoria-explicativa.html>

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV CLAV, 2009. 365p.

Bonner, F., Vozzo, J. 1987. Seed biology and technology of *Quercus*. Gen. Tech. Rep. SO-66. New Orleans, LA: U.S Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station; 21 p.

Díaz, M. 2010. Uso de especies forestales asociadas a bosques de roble (*Quercus humboldtii* bonpl.), con fines energéticos, en tres veredas del municipio de encino-santander. Colombia Forestal 13 (2): 237-244.

Dickson, A., Leaf, A., Hosner, J.F. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. Forestry Chronicle 36: 10-13.

Krishnan, Y. 2017. Co-composting of palm empty fruit bunch and palm oil mill effluent: Microbial diversity and potential mitigation of greenhouse gas emission. Journal of Cleaner Production 146: 94 - 107.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. (2011). Plan de acción para la reforestación comercial. Recuperado de <http://fedemaderas.org.co/wp-content/uploads/2012/04/Plan-de-Accion-Reforestacion-Comercial.pdf>.

Mohd, M. Ismail, R., Saud, H, Kausar, M., Maleque, M., Hakim, H. 2017. Efficacy evaluation of empty palm oil fruit bunch compost in improving soil characteristics, plant growth and disease suppression of tomato plants under tropical acid soil. Journal of Environmental Biology 38 (1):

Sepúlveda, Y., Diez, M., Moreno, F., León, J., Osorio, E. 2014. Efectos de la iluminación relativa y la fertilización sobre el crecimiento de plántulas de roble andino en vivero. Acta biológica colombiana, 19 (2): 211-220.

Schafer, G., Souza, P.V.D., Fior, C.S. 2015. Um panorama das propriedades físicas e químicas de substratos utilizados em horticultura no sul do Brasil. Ornamental Horticulture 21 (3): 299-306.

Torres, R., Acosta, A., Chinchilla, C. 2004. Proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera. PALMAS, 25 (II): 377-387-

Aguilar G, M. (2009). PLAN DE RESTITUCIÓN POBLACIONAL DE *Quercus humboldtii* Bonpl. EN LA RESERVA FORESTAL PROTECTORA EL ROBLEDAL, CUNDINAMARCA-COLOMBIA. Recuperado el 21 de Marzo de 2014, de <https://reintroduction.wikispaces.com/file/view/Din%C3%A1mica+Poblacional+de+Quercus+humboldtii+en+la+Reserva+Forestal+Protectora+El+Robledal+5-13.pdf>

Galindo T, R., Betancur, J., & Cadena M, J. J. (2003). ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE CUATRO BOSQUES ANDINOS DEL SANTUARIO DE FLORA Y FAUNA GUANENTÁ-ALTO RÍO FONCE, CORDILLERA ORIENTAL COLOMBIANA. Recuperado el 20 de 06 de 2014, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/37569/1/39393-175313-1-PB.pdf>

Pacheco S, R. A., Pinzon O, C. A., & Pedraza T, H. (1997). El Roble (*Quercus humboldtii* Bonpland). Recuperado el 17 de 03 de 2014, de [http://books.google.com.co/books/about/El\\_Roble\\_Quercus\\_humboldtii\\_Bonpland.html?id=dysXtwAACAAJ&redir\\_esc=y](http://books.google.com.co/books/about/El_Roble_Quercus_humboldtii_Bonpland.html?id=dysXtwAACAAJ&redir_esc=y)