

Crecimiento y sobrevivencia del roble andino (*Quercus humboldtii* Bonpl.) en respuesta a la fertilización de N-P-K durante el establecimiento en el CISVEB, municipio de Pamplona

Edgar Eduardo Caro Fajardo

Universidad de Pamplona
Facultad de Ciencias Agrarias
Programa de Ingeniería Agronómica
Pamplona, 2020

154301: Trabajo de Grado

Noviembre de 2020

Crecimiento y sobrevivencia del roble andino (*Quercus humboldtii* Bonpl.) en respuesta a la fertilización de N-P-K durante el establecimiento en el CISVEB, municipio de Pamplona

Edgar Eduardo Caro Fajardo
1.118.560.758

Trabajo de grado realizado en la modalidad de investigación presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Director de Tesis:
Andrés Iván Prato Sarmiento
I.A, M.Sc en Fitotecnia
Investigador del C.I La Suiza - Corporación Colombiana de Investigación (AGROSAVIA)

Codirector de Tesis:
Enrique Quevedo García
I.A Ph D en Ciencias Naturales para el Desarrollo con Énfasis en Sistemas de Producción Agrícola
Docente

Universidad de Pamplona
Facultad de Ciencias Agrarias
Departamento de Agronomía
Programa de Ingeniería Agronómica
Pamplona

Noviembre de 2020

Crecimiento y sobrevivencia del roble andino (*Quercus humboldtii* Bonpl.) en respuesta a la fertilización de N-P-K durante el establecimiento en el CISVEB, municipio de Pamplona

Autor

Edgar Eduardo Caro Fajardo

Nota de aceptación

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Dedicatoria

- I. Primeramente, a Dios por darme la oportunidad de tener salud y vida para cumplir una meta más en el arduo camino de la vida, permitiendo no rendirme frente al primer obstáculo que se me presentó durante este proceso de formación profesional.
- II. Al apoyo incondicional de mi madre, la Sra. María Teresa Fajardo G., por sus consejos y fortaleza en aquellos momentos de dificultad durante el proceso de formación.
- III. Agradecer a mi tutor principal, el I.A, Msc. Iván Andrés Prato S., a mi cotutor, el Dr. Enrique Quevedo G. por su asesoramiento, acompañamiento, apoyo y por compartir sus conocimientos para llevar a cabo el proyecto de investigación.
- IV. En la ejecución y realización de este proyecto participaron compañeros que directamente dieron su apoyo mediante el aporte de su mano de obra, requerida en varias ocasiones. También a los docentes de mi universidad, que en su momento transmitieron sus conocimientos y me apoyaron con sus asesorías y consejos. Muchas gracias a ellos.
- V. Finalmente, este es un momento de gran importancia que espero y perdurará en el tiempo, no solo en la memoria de quienes ya agradecí, sino de aquellos que se tomaron su tiempo para revisar mi proyecto de tesis.

Tabla de Contenido

Introducción.....	14
Problema y descripción del problema	16
Justificación.....	18
Objetivos.....	19
Objetivo general	19
Objetivos específicos	19
Marco referencial	20
Antecedentes regionales	20
Antecedentes nacionales	21
Antecedentes internacionales	22
Marco contextual	24
Marco teórico.....	26
Clasificación y descripción botánica del roble andino	26
Clasificación taxonómica	26
Descripción botánica de <i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	27
Árbol.....	28
Copa.....	28
Hojas.....	28

	6
Flores	29
Fruto.....	30
Madera	30
Distribución geográfica de la especie	30
Propagación.....	31
Almacenamiento de las semillas.....	31
Producción en vivero	32
Requerimiento nutricional del roble	32
Fertilización en una plantación forestal	33
Fertilización localizada al plantar	33
Dosis y aplicación de fertilizante para una plantación forestal.....	33
Marco legal	35
Resolución 0316 de 1974.....	35
Artículo.....	35
Resolución 1408 del 21 de noviembre de 1975	35
Resolución 383 del 2010.....	35
Resolucion 177 de 1997.....	35
Artículo 1.....	35
Capítulo VI. Trabajo de grado	36
Artículo 35.- Definición de Trabajo de Grado	36

Artículo 36.- modalidades de trabajo de grado: el trabajo de grado, puede desarrollarse en las siguientes modalidades.	36
Metodología.....	38
Producción de plántulas	38
Area experimental	40
Establecimiento del ensayo	43
Diseño experimental y variables evaluadas	47
Sistema de variables.....	49
Procesamiento de datos	50
Resultados y discusión	51
Efecto de los tratamientos de fertilización.....	51
Altura de planta.....	51
Número de hojas	53
Diámetro de tallo	54
Sobrevivencia	56
Sanidad vegetal.....	58
Comparación de variables de crecimiento	60
Altura de planta.....	60
Diámetro de tallo	61
Número de hojas	62

Conclusiones	63
Recomendaciones	65
Referencias	67
Anexos.....	72

Lista de Tablas

Tabla 1. Taxonomía de *Q. humboldtii* Bonpl. **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2. Ejemplos de dosis máximas de fertilización en suelos pobres con altas expectativas de respuesta en especies de rápido crecimiento raulí (*Nothofagus nervosa*) y roble..... 36

Tabla 3. Cantidad de nutriente aplicado (kg/ha^1), según los meses después de plantación (M_{DP}) a una densidad de $3\text{m} \times 3\text{m} - 1110$ plantas ha^1 **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 4. Cantidad de fertilizante aplicado (g/planta), según los meses después de plantación (M_{DP}) **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 5. Prueba de Tukey para variable altura de planta en cada uno de los tratamientos . **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 6. Prueba de Tukey para variable diámetro de tallo en cada uno de los tratamientos; **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 7. Prueba de Tukey para variable número de hojas en cada uno de los tratamientos ; **¡Error! Marcador no definido.**

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa del municipio de Pamplona.....	24
Figura 2. Ubicación de la parcela	25
Figura 3. Corteza gris rojiza.	28
Figura 4. Hoja de roble andino	29
Figura 5. Flores pequeñas amarillas unisexuales.....	29
Figura 6. Fruto de roble andino	30
Figura 7. Distribución geográfica de <i>Q. humboldtii</i> en Colombia.....	31
Figura 8. Proceso germinativo de semillas de <i>Q. humboldtii</i>	32
Figura 9. (a) Plántulas de roble andino en etapa de vivero, (b) síntomas en roble por chisa	39
Figura 10. (a) Aplicación de insecticida para control de chisa (b) transporte de plántulas para trasplante en campo.....	40
Figura 11. Actividades realizadas en el área experimental	41
Figura 12. Aplicación de cal dolomita en el área de estudio	43
Figura 13. (a)Planta establecida en campo (b)Distribución de las plantas y área del lote	44
Figura 14. Trasplante y Primera fertilización de roble andino	46
Figura 15. Segunda fertilización de roble andino	46
Figura 16. Siembra de plántulas en campo: (a) método de siembra cuadrado de tres metros por tres metros entre plantas y entre surcos. (b) diseño experimental totalmente al azar	48
Figura 17. Resultados obtenidos en cuanto a la variable de altura de la planta durante el tiempo que se realizó el ensayo.	52
Figura 18. Resultados obtenidos en cuanto a la variable de número de hojas de la planta durante el tiempo que se realizó el ensayo.....	53

Figura 19. Formación de brotes nuevos y gran número de hojas en plantas de roble andino.

..... ¡Error! Marcador no definido.

Figura 20. Resultados obtenidos en cuanto a la variable diámetro de tallo de la planta durante el tiempo que se realizó el ensayo.55

Figura 21. Resultados obtenidos en cuanto a la variable de sobrevivencia de la planta durante el tiempo que se realizó el ensayo57

Figura 23. Resultados obtenidos en cuanto a la variable de sanidad vegetal en cada una de las plantas durante el tiempo que se realizó el ensayo59

Lista de Anexos

Anexo 1. Análisis físico químico de suelo	72
Anexo 2. Análisis físico químico de suelo	73
Anexo 3. Matriz de registro de datos en campo	74
Anexo 4. Solicitud de terreno en instalaciones de la Universidad de Pamplona,	75
Anexo 5. (a) Chisa encontrada en su estado larval y (b)diferencia de síntomas presentados por daño de chisa en las plantas de derecha e izquierda y una planta sana con buen desarrollo radicular ..	76
Anexo 6. Toma de sub-muestras para respectivo análisis de suelo	76
Anexo 7. Altura de planta, desde el cuello hasta la gema apical.....	77
Anexo 8. (a) Plántulas de roble andino afectadas por chisa (b) plántulas sanas separadas de las afectadas	77
Anexo 9. Formación de brotes nuevos y gran número de hojas en plantas de roble andino.	78
Anexo 10. Datos obtenidos en cuanto a la variable de altura de la planta durante el tiempo que se realizó el ensayo.....	78
Anexo 11. Datos resultantes del número de hojas promedio obtenido en cada tratamiento por los 175 días.....	78
Anexo 12. Datos obtenidos en promedio, en cuanto al diámetro de tallo (Fuente: Archivo personal,2020).....	79
Anexo 13. Datos de sobrevivencia de las plantas en cada uno de los tratamientos.	79
Anexo 14. Datos de sanidad (0-4) de las plantas en cada uno de los tratamientos..	79

Resumen

Los ecosistemas naturales como los bosques tropicales de *Quercus* spp., son de gran importancia ecológica para los ecosistemas andinos ya que son reconocidos como uno de los principales centros de diversidad y especiación en el mundo, además brindan servicios ambientales como la captación de agua, el mantenimiento del suelo, la fijación de CO₂; contienen innumerables especies con valor real o potencial. Otro punto importante dentro de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas boscosos, es la aireación del suelo que se considera como el segundo flujo de carbono (C) más importante que se establece entre la biosfera y la atmósfera, jugando un papel crítico en la dinámica del ciclo global del C. El presente trabajo se realizó para evaluar el crecimiento y sobrevivencia del roble andino en respuesta a la fertilización con N-P-K durante su establecimiento en Pamplona, Norte de Santander. Para el diseño experimental se usó un modelo estadístico completamente al azar, con tres tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento, fueron evaluados tres niveles de fertilización química, denominados como T0: Sin fertilizar, T1: Dosis baja de N-P-K y T2: Dosis alta de N-P-K. Se usaron plantas con edad de 4 meses. En total fueron 48, de las cuales 30 destinadas para el ensayo y 18 para el perímetro con el fin de evitar el efecto borde. En este trabajo se evaluó el efecto que tuvo la fertilización en diferentes dosis sobre una serie de variables de crecimiento previamente determinadas. Debido a la baja sobrevivencia (14%), la altura, diámetro de tallo y número de hojas del tratamiento dos, no se consideró en los análisis para la última época de medición. Se determinó que las características edafoclimáticas del área de estudio son las adecuadas para el crecimiento y sobrevivencia de *Q. humboldtii*, sin verse la necesidad de aportar fertilizantes como balance nutricional, al menos durante su primer año de establecimiento en campo. Esto teniendo en cuenta que esta especie de roble ha sido reportada con capacidad de crecer en suelos medianamente fértiles, infértiles y hasta los más degradados.

Introducción

Quercus es uno de los géneros de especies leñosas más abundantes y de mayor importancia económica en el hemisferio norte, con cerca de 500 especies (Nixon, 1993; Manos *et al.*, 1999)., el *Q. humboldtii*, se distribuye en los Andes tropicales de Colombia y Panamá; de ahí que su nombre común sea roble andino o colombiano. Esta especie es dominante en los robledales que ocupan áreas extensas de la zona andina de Colombia entre los 1000 y 3600 metros sobre el nivel del mar (Cárdenas y Salinas, 2006). Según Cárdenas y Salinas (2006) es de gran importancia por el uso de madera que es utilizada en la construcción de viviendas, carrocerías, vagones, toneles, cabos de herramientas, ebanistería y para la elaboración de carbón de palo y como fuente de energía, tanto para la cocción de alimentos, como para la calefacción doméstica y otras actividades productivas y de servicios tales como el uso de su madera como tutores para el cultivo de granadilla y uno de los aspectos que actualmente está disminuyendo sus poblaciones.

Por tal motivo se encuentra reportada como una especie forestal amenazada en la categoría de vulnerable por su difícil propagación y lento crecimiento, según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Hasta el punto de ser necesaria una veda nacional para su tala comercial indiscriminada, desde hace más de una década (Cárdenas y Salinas, 2006).

El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt ha catalogado los bosques de roble andino en Colombia como sistemas en proceso de extinción, con el propósito de proteger sistemas completos asociados con el crecimiento de este árbol (Calderón, 2000). Generalmente, la fertilización en vivero mejora los parámetros morfológicos y funcionales de las plántulas, los cuales aumentan la capacidad de sobrellevar el estrés ambiental durante el primer año de plantación que puede ser el más crítico (Andivia *et al.*, 2012). Sin

embargo, este efecto varía con la especie y su interacción con el estrés ambiental del sitio de plantación, hasta el punto que en algunas especies esta práctica no es determinante para la sobrevivencia de los árboles en campo, especialmente cuando se plantan en zonas con baja disponibilidad de agua (Trubat *et ál.*, 2011).

Los nutrientes son de gran importancia al cumplir un papel esencial en la fisiología vegetal; puesto que cuando un elemento no se encuentra en las cantidades necesarias o adecuadas se refleja una deficiencia en los tejidos y vigor de las plantas de tal forma que se crean cambios en su metabolismo (Carpanezzi *et ál.*, 1999). Algunos de estos son considerados muy móviles, como por ejemplo el nitrógeno (N), el fosforo (P) y el potasio (K), por lo cual plantas con deficiencias de estos elementos presentan síntomas visuales en aquellas hojas más viejas; Por otro lado, las plantas con deficiencias en elementos menos móviles presentaran síntomas en las hojas jóvenes, los cuales son calcio (Ca), azufre (S) y boro (B) (Wallau *et ál.*2008).

Actualmente por el alto grado de amenaza y sobre los problemas de conservación de *Q. humboldtii*, es urgente establecer técnicas de manejo silvicultural optimas en los programas de restauración de ecosistemas y en plantaciones comerciales para disminuir la presión sobre el ecosistema natural. Para ello se hace necesario el estudio de aspectos relacionados con la nutrición en fases tempranas de vivero y de campo considerando que las especies forestales nativas normalmente son de lento crecimiento que requieren periodos extensos de evaluación. En general, el manejar la nutrición forestal es una tarea difícil, dado el poco o nulo conocimiento.

Con la presente investigación que se llevó a cabo en las condiciones agroecológicas del municipio de Pamplona tendremos una base teórica y práctica para el manejo de la nutrición del roble andino, La información compilada en este ensayo nos va a servir de base para estudios posteriores e incluso dar premisas de crear un ambiente propicio para el desarrollo sostenible del roble e interacciones positivas con el entorno.

Problema y descripción del problema

Los bosques naturales han venido decreciendo principalmente por la explotación de estos y tala indiscriminada para el establecimiento de praderas y cultivos agrícolas de gran valor comercial. A largo plazo provocan un daño ambiental irreversible, donde los remanentes han quedado sometidos a procesos de degradación por actividades extractivas. En la actualidad, muchas personas dependen total o parcialmente de la madera como combustible o fuente de energía, más de la mitad de la población mundial emplea la madera como fuente de energía, tanto para la cocción de alimentos, como para la calefacción doméstica y otras actividades productivas y de servicios (Santos *et ál.*, 2012).

En una investigación llevada a cabo por Sepúlveda en el 2014, se encontró que el manejo en vivero y, particularmente la aplicación de fertilizantes modificó el crecimiento y vigor de las plántulas de roble andino. No obstante, aún es poco claro si este efecto continuó cuando son establecidas en campo o si se requiere posteriormente el uso de la fertilización mineral, en especial, para aquellos suelos andisoles que han sufrido la degradación a causa de la agricultura y pastoreo para ganadería. Generalmente estos son los sitios disponibles para reforestación comercial o restauración de las zonas altas de las cordilleras del país (Tejedor *et ál.*, 2012).

Con respecto al anterior referente teórico se puede decir que es de gran importancia el establecimiento de diversidad de especies forestales, que en este caso es el roble andino ya que se hace necesaria la reforestación e investigación a fondo del comportamiento de esta en diferentes áreas agroecológicas, desde su etapa de establecimiento en semillero y su interacción inicial luego del establecimiento en campo con las condiciones agroecológicas del sitio para obtener una alternativa de desarrollo sostenible, lo anterior permitirá incentivar a los agricultores a aumentar las áreas de siembra que con el tiempo nos pueden dar beneficios económicos y recuperación de la biodiversidad.

Se planteó en este estudio la siguiente pregunta de investigación ¿El roble andino responde positivamente a la fertilización con N-P-K durante su establecimiento, en las condiciones edafoclimáticas de Pamplona, Norte de Santander, con una mayor sobrevivencia y crecimiento inicial ¿frente aquellas plántulas sin fertilizar?

Justificación

El conocimiento del roble en Colombia es reducido, los estudios realizados se han centrado básicamente en caracterizaciones tanto de flora como de fauna asociada. Aunque se han adelantado estudios de estructura de vegetación, aun no se cuenta con información necesaria que permita adoptar planes completos de silvicultura (Saenz, 2008).

Una forma de contribuir al régimen alimentario es la implementación de ecosistemas forestales y a la consecución de los medios de subsistencia de los habitantes de los bosques y, en economías cada vez más orientadas al mercado, proveen una parte importante de los alimentos y medicamentos consumidos por las poblaciones urbanas. El reconocimiento de que la ordenación sostenible de los recursos forestales es fundamental para los medios de vida locales y el bienestar de las poblaciones nacionales proporciona la base para invertir en la conservación de la biodiversidad forestal y su integración con los objetivos de mitigación de la pobreza, consecución de la seguridad alimentaria y reducción de las enfermedades en las políticas de desarrollo. Es de gran importancia dar a conocer un manejo adecuado de bosques forestales ya que contribuyen en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas, esta práctica puede generar empleos directos e indirectos en alguna región, además trae consigo beneficios ecológicos que permiten que se mejore la diversidad de especies y con ello las capacidades productivas de los suelos (Johns, 2006).

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, se ve la necesidad de adoptar estrategias y alternativas para la conservación de los ecosistemas de plantaciones forestales siempre y cuando estemos guiados por estudios que permitan saber la adaptación, comportamiento y manejo agronómico que se le debe dar a este sistema de producción agrícola.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el crecimiento y sobrevivencia del roble andino (*Q. humboldtii*) en respuesta a la fertilización con N-P-K durante su establecimiento en Pamplona, Norte de Santander.

Objetivos específicos

Analizar el efecto de los tratamientos de fertilización sobre diferentes variables de crecimiento vegetativo en roble andino

Registrar la respuesta de la sanidad vegetal y sobrevivencia del roble andino en los diferentes tratamientos de fertilización con N, P, K.

Marco referencial

Antecedentes regionales

Parada-Silva (2019). Evaluó la influencia de la fertilización química y uso de micorrizas arbusculares en el crecimiento inicial y sobrevivencia del roble andino durante su establecimiento en la granja experimental de Villa Marina, Municipio de Pamplonita, Norte de Santander. Se implementó un diseño de bloques completamente al azar en arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones de cuatro plantas. Este ensayo fue llevado a cabo en un lote de 45 (m) de largo x 18 (m) de ancho para un área de 810 (m²) ubicado a 1.492 metros sobre el nivel del mar, en la Vereda Bella Vista, perteneciente a la Granja Experimental Villa Marina de la Universidad de Pamplona. Se manejaron 4 tratamientos donde: F1: Sin fertilización, F2: Con fertilización, M1: Con micorrizas arbusculares y M2: Sin micorrizas arbusculares y un retenedor de agua Hidrokeeper que se aplicó a todos los árboles para compensar la no aplicación de riego que se manejó durante el desarrollo del ensayo, en donde cada tratamiento fue aplicado al momento del establecimiento del ensayo. Las variables se tomaron a los 60, 120 y 180 días después del establecimiento para un total de tres muestreos durante el desarrollo del ensayo en un tiempo de seis meses después de establecidas las plántulas en campo. Según el plan de fertilizante formulado para el ensayo. Se distribuyeron así: 40 (g/planta) en plantación, luego aplicación en cobertura con 100 (g/planta) a los cuatro Meses Después del Establecimiento (MDE), 160 g a los 09 MDE, 100 g a los 18 MDE y finalmente 200 g a los 27 MDE. Como resultado después de seis meses de evaluación en campo se decidió parar y dar por terminado el ensayo ya que los resultados arrojados y el estado fitosanitario de las plántulas no fueron viables para dar continuidad con el estudio. De igual modo el manejo en vivero es esencial para asegurar una sobrevivencia a mediano y largo plazo de los árboles; ya que al no garantizar las condiciones

adecuadas que necesita para el desarrollo durante esta etapa, los árboles no tendrán un óptimo crecimiento.

Antecedentes nacionales

Diez *et ál.*, (2017). Evaluaron el desarrollo inicial del roble andino en respuesta al manejo en vivero y durante la plantación, en el municipio de Guane, Antioquia. Se delimitó en dos áreas el terreno en cobertura de pastos y cobertura de rastrojo alto, para el efecto de la iluminación. Los árboles estuvieron en vivero por 4 meses con el objetivo de promover un adecuado desarrollo de raíces, crecieron bajo tres condiciones de iluminación relativa (IR): alta (plena exposición), media (30 % de iluminación relativa) y baja (15 % de iluminación relativa). Y se usaron nueve tratamientos de fertilización. Luego, en cada cobertura se evaluó el efecto del manejo en vivero (iluminación relativa y tipo de fertilizante aplicado) y la aplicación o no de fertilizante en campo sobre el desarrollo de los árboles, en un diseño factorial $2 \times 3 \times 9$, que corresponde a dos niveles del factor fertilización en campo, tres niveles del factor iluminación relativa en vivero y nueve niveles del factor tipo de fertilizante aplicado en vivero. Para finalizar y dar cumplimiento a los objetivos se obtuvo que el manejo en vivero y la fertilización en campo no tuvieron efecto significativo sobre la sobrevivencia de los árboles de roble después de un año en este sistema de plantación; la sobrevivencia promedio fue del 94 %. Así mismo la sobrevivencia de los árboles de *Q. humboldtii* no se ven afectados al darles un manejo en vivero y fertilización al momento de la plantación, en consecuencia, sí su crecimiento en campo. No obstante, se espera que en el mediano plazo los árboles de menor vigor y crecimiento presenten mayor probabilidad de morir.

Diez *et ál.*, (2013). Evaluaron el Efecto de la iluminación relativa y la fertilización sobre el crecimiento de plántulas de roble andino en vivero. Es indispensable en las especies forestales el conocimiento de la respuesta que tienen las plantas a la actividad lumínica como a los nutrientes

esenciales ya que permite desarrollar actividades de fertilización mayormente eficientes y económicos. El experimento se estableció en la Estación Forestal Piedras Blancas (Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín); Se evaluó la combinación de tres niveles de iluminación relativa (IR) y nueve niveles de fertilización que incluyeron la inducción de deficiencias de macroelementos y algunos microelementos considerados críticos para el desarrollo vegetal. los resultados arrojados en este estudio fue que la falta de suministro de N generó las mayores limitaciones para el crecimiento de las plántulas. Esto tiene implicaciones importantes para el manejo en vivero, ya que se debe aplicar a las plántulas una fertilización nitrogenada adecuada, pues este elemento es el que más limita el normal desarrollo vegetal en esta etapa. La falta de Nitrógeno en un factor limitante en todas las plantas, por tal motivo los resultados obtenidos rectificaron dicha afirmación.

Antecedentes internacionales

Villar *et ál.*, (2001). Buscaron analizar el efecto de la fertilización y el sombrío en el vivero sobre la calidad de los brinzales de *Q. ilex* y su desarrollo en campo. El ensayo fue realizado en las instalaciones del Centro Nacional de Mejora Forestal “El Serranillo”, exactamente en Montiel un municipio de España. Se combinaron el factor de fertilización nitrogenada en el sustrato con tres niveles (alto, bajo y sin fertilización) que se distribuyeron así: 165 y 45 mg de Nitrógeno por planta, respectivamente, de tal forma que se efectuó una aplicación semanal desde el día 28 de mayo hasta el 17 de septiembre y se combinó el factor de radiación recibida, dividido en dos, en niveles de pleno sol y sombra. Como resultado la fertilización de la encina en el vivero facilita su desarrollo en campo ya que produce individuos más vigorosos. De igual manera se recomienda un aporte mínimo de nitrógeno por planta de 45 mg, aunque valores más elevados (>100 mg) producen brinzales de mejor calidad y mayor capacidad de arraigo en campo.

Chirino *et ál.*, (2004). Analizaron el efecto de la reducción en la frecuencia de riego y la fertilización sobre el desarrollo y características morfológicas de brinzales de alcornoque. A los cuatro meses tras la siembra se empezaron a aplicar los tratamientos y luego se establecieron dos regímenes de riego: riego moderado (Rmod) y riego mínimo (Rmin), que se combinaron en un diseño factorial con un tratamiento de fertilización adicional con fósforo y potasio (sin fertilización: -PK y con fertilización: +PK). El tratamiento de fertilización consistió en un suministro adicional una vez por semana de fósforo (P) y potasio (K) formulación N-P-K; 0-52-34 mediante fertirrigación. Las concentraciones fueron incrementándose a medida que los brinzales se desarrollaron, desde 25 a 100 (mg. l⁻¹) de P y desde 31 a 126 (mg. l⁻¹) de K al final del cultivo. Como cumplimiento de los objetivos se encontró que la fertilización no causó ningún efecto sobre la altura. En relación con el diámetro basal de los brinzales, el riego mínimo provocó menores diámetros. En conclusión, al suministrar fosforo y potasio en las concentraciones y dosis aplicadas no se verá una afectación notable en las variables morfológicas estudiadas, aunque esta se aplique durante la mayor parte del cultivo en vivero.

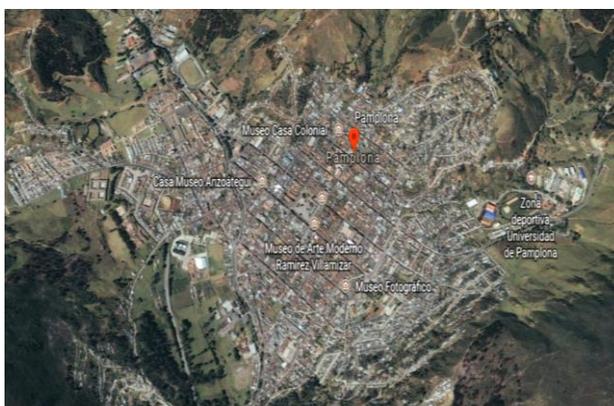
Marco contextual

El departamento de Norte de Santander se distingue por poseer un relieve montañoso, se evidencian una unidad fisiográfica, montañosa y otra plana. La primera corresponde a la cordillera oriental, en la bifurcación del gran Nudo de Santurbán, el cual limita con el departamento de Santander, se desprenden dos grandes ramales, uno que forma la serranía de los Motilones y el segundo hacia el noreste.

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en el municipio de Pamplona, ubicado en el departamento de Norte de Santander, con coordenadas geográficas $7^{\circ} 22' 34''$ de latitud Norte y a $72^{\circ}38' 54''$ de longitud al Oeste de Greenwich, se encuentra situada a 2.586 metros sobre el nivel del mar. (Figura 1), cuenta con una temperatura promedio de 14 a 16 °C, está ubicada a 75 kilómetros (Km) de Cúcuta, sus límites son al norte con Pamplonita y Cúcuta, al sur limita con los municipios de Cacota y Mutiscua, con Labateca en el oriente y al occidente con Cucutilla y tiene una extensión total de 318 (km²)., con 76, 983 habitantes aproximadamente. Su economía está basada en la gastronomía, la agricultura, el turismo (especialmente el turismo religioso) y la educación. (Bandera, 2014).

Figura 1.

Mapa del municipio de Pamplona



(Fuente: Google maps ,2020)

Con mas exactitud, el ensayo se realizo en el CISVEB (Centro de Investigación en Sanidad Vegetal y Bioinsumos), el cual se sitúa en el kilómetro uno vía Bucaramanga en las instalaciones de la Universidad de Pamplona, con coordenadas geográficas 7° 23' 20" N; 72° 39' 00" O (Figura 2).

Figura 2.

Ubicación de la parcela



(Fuente: Geo Area Calculator, 2020).

Nota: La parcela donde se llevó a cabo el experimento está situado metros arriba de la piscina de la Universidad de Pamplona ubicada en el CISVEB, exactamente donde se puede apreciar un contorno de color rojo.

Marco teórico

Los ecosistemas naturales como los bosques tropicales de roble (*Quercus*) son de gran importancia ecológica para los ecosistemas andinos ya que son reconocidos como uno de los principales centros de diversidad y especiación en el mundo (García *et ál.*, 2010). Estos bosques son muy antiguos, diversos y ecológicamente complejos (Witmore, 1997), además brindan servicios ambientales como la captación de agua, el mantenimiento del suelo, la fijación de CO₂; además de contener innumerables especies con valor real o potencial (Meli, 2003). Otro punto importante dentro de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas boscosos, es la aireación del suelo que se considera como el segundo flujo de carbono (C) más importante que se establece entre la biosfera y la atmósfera, jugando un papel crítico en la dinámica del ciclo global del C (Gómez, 2012).

Clasificación y descripción botánica del roble andino

Clasificación taxonómica

En el año 1944, se describió dos especies nuevas de roble en Colombia por el señor José Cuatrecasas, *Q. boyacensis* y *Q. colombiana*, las cuales eran endémicas de los andes boyacenses. En paralelo, Müller (1942) realizó la revisión del género *Quercus* spp., en Suramérica, reduciendo la sinonimia existente de la especie del género en Colombia a la especie *Q. humboldtii*, incluyendo las especies nuevas propuestas por el señor Cuatrecasas (Kappelle, 2006). es una especie casi exclusiva de Colombia, crece sólo fuera del territorio colombiano en el Darién panameño (Müller, 1960). En la Tabla 1, se observa la clasificación taxonómica de la especie estudiada en este trabajo.

Tabla 1.**Taxonomía de *Quercus humboldtii* Bonpl.**

Taxonomía	
División	Angiosperma
Clase	Equisetopsida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht.
Superorden	Rosanae Takht
Orden	Fagales Engl.
Familia	Fagaceae Dumort.
Genero	<i>Quercus</i> L.
Especie	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.

(Fuente: Missouri Botanical Garden, 2016)

Descripción botánica de *Quercus humboldtii* Bonpl.

El roble andino posee crecimiento lento y es de gran tamaño alcanzando alturas de hasta unos 40 m. Tiene un tallo recto y cilíndrico, con un diámetro a la altura de unos 80 a 100 cm que oscilan entre 40 a 70 cm, posee una corteza de color negra, en estado joven tiene forma lisa y en estado adulto exfoliable (Galindo *et ál.*, 2003). Uno de los productos que se obtiene y que mayor demanda tiene es la madera, la cual es dura y pesada con un duramen de color amarillo oscuro o grisáceo, en los cortes longitudinales poseen un color marrón claro, con olor y sabor no definidos y un grano recto. Su textura es gruesa. Se presume que es resistente a la pudrición en contacto con el suelo (Aguilar, 2009).

Esta especie crece en diferentes tipos de suelos, desde suelos fértiles y profundos hasta suelos con principios de degradación, sin embargo, presenta un mejor desarrollo en suelos pocos profundos, con capas gruesas de humus y de apariencia suelta, con buen drenaje y con un pH que oscile entre 5.8 y 7.0 (Aguilar, 2009).

Árbol

El tronco del roble es recto y cilíndrico con longitudes de entre ocho y diez metros, en ocasiones con ramificaciones profusas desde la base, con diámetro a la altura del pecho entre 40 y 65 cm. Tiene una corteza (Figura 3) inicialmente lisa y luego exfoliable, de color negruzco. (Gonzalez, 2016).

Figura 3.

Corteza gris rojiza



(Fuente: Fundación natura,2020).

Copa

Esta suele ser globosa y densa, posee yemas vegetativas de posición lateral, protegidas por escamas ciliadas o catafilos.

Hojas

Son simples, alternas, enteras, lanceoladas, coriáceas y delgadas, ápice agudo y con una base cuneada de 10 a 20 cm de largo. El haz suele estar glabro y un poco lustroso, y la base de la nervadura es un poco tomentosa (Figura 4).

Figura 4.*Hoja de roble andino*

(Fuente: Fundación natura, 2020).

Flores

Son unisexuales (Figura 5), de tal forma que aquellas masculinas en amento y las femeninas en una cúpula. Inflorescencias masculinas en amentoide, gran número de estambres, cada uno contiene un par de sacos polínicos; las flores femeninas con el cáliz de tipo cuculiforme, una vez formado el fruto lo recubre de forma parcial (Gonzalez, 2016).

Figura 5.*Flores pequeñas amarillas unisexuales*

(Fuente: Fundación natura, 2020).

Fruto

Forma de cápsula redondeada (bellota), leñosa blanquecina de cuatro a siete (cm) de largo y 2 a 2,5 cm de ancho (Figura 6), redondeado u ovado, incluido dentro de una cúpula escamosa (Gonzalez, 2016).

Figura 6.

Fruto de roble andino



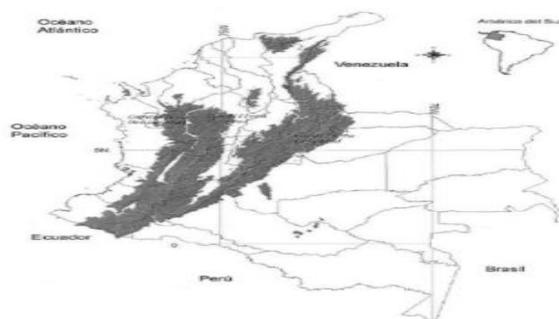
(Fuente: *Fundación natura*, 2020)

Madera

La madera es dura y pesada, con un duramen de color amarillo oscuro o grisáceo, con 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 (g / cm³) (Gonzalez, 2016).

Distribución geográfica de la especie

Según reportes antropológicos afirman que el polen del roble en sedimentos colombianos tiene existencia desde hace 250.000 a 340.000 años, *Quercus* tiene 150 especies en México, 12 a 17 en Costa Rica y solo una en Colombia (Kapelle, 2006). Esta última tiene una amplia distribución altitudinal, que va desde 1100 a 3200 metros sobre el nivel del mar (Figura 7), además con mayor presencia en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Tolima, Huila, Norte de Santander, Santander, Antioquia y Risaralda (León, Vélez, y Yepes, 2009).

Figura 7.*Distribución geográfica de Q. humboldtii en Colombia*

(Fuente: Aguilar, 2009).

Nota: Los señores González-Orozco y Palacio reportaron por primera vez la presencia de esta especie en el departamento de Bolívar, en el año 2011, siendo de gran importancia este dato ya que reportaría por primera vez su presencia en la zona norte de Colombia.

Propagación

Los frutos se deben recolectar directamente del suelo en un radio al tamaño de la copa del árbol, se pueden extender costales o lonas para que de forma natural las semillas caigan sobre ellas, se deben recolectar los mejores frutos lo más antes posible para evitar daños por problemas de plagas y enfermedades.

Almacenamiento de las semillas

Se recomienda sembrar lo más pronto posible después de ser recolectadas. Se pueden guardar hasta por cuatro meses siempre y cuando se siga un protocolo de almacenamiento como lo es el material en que se guarda, el cual debe ser de lona o costales de arena, aserrín o musgo húmedo. en un cuarto frío o nevera con temperaturas que oscilen entre cuatro a diez grados centígrados.

Producción en vivero

Siembra y germinación: La germinación es hipogea; la cual inicia de 22 a 30 días después de la siembra y se completa 18 días después; cuando las semillas son frescas la capacidad de germinación es muy alta, se debe tener en cuenta la posición en la que se pone la semilla, de forma en que la punta de esta quede en contacto con el sustrato, ya que por este lado se dará el proceso de emergencia de la raíz. Este proceso germinativo de la semilla se puede apreciar en la Figura 8.

Figura 8.

Proceso germinativo de semillas de Q. humboldtii



(Fuente: Corantioquia, 2020)

Manejo de plántulas: La propagación puede llevarse a cabo directamente en las eras del vivero o en bolsa, utilizando tierra o arena como sustrato. Es indispensable recolectar sustrato de áreas aledañas a los árboles semilleros, ya que esta especie presenta asociación con micorrizas que favorecen no sólo su germinación sino el desarrollo de las plántulas. Cuando las plantas superan los 30 cm de altura se considera que están listas para la plantación, esto es pasados tres a cuatro meses de permanencia en el vivero (Aguilar, 2009).

Requerimiento nutricional del roble

Esta especie crece en diferentes tipos de suelos, desde suelos fértiles y profundos hasta suelos con principios de degradación, sin embargo, presenta un mejor desarrollo en suelos pocos profundos, con capas gruesas de humus y de apariencia suelta, con buen drenaje y con un pH que

oscile entre 5,8 y 7,0 (Aguilar, 2009). Se da mejor en los filos de las montañas, en suelos de buen drenaje, relativamente sueltos, con una gruesa capa de materia orgánica y ácidos; sin embargo, tolera suelos degradados y casi estériles (Gómez *et ál.*,2013).

Fertilización en una plantación forestal

Básicamente la fertilización de una plantación forestal se asocia con la deficiencia de elementos nutritivos en el suelo. Una alternativa de fertilizar basada en la evaluación del régimen nutritivo del suelo, puede tener resultados nulos o negativos para el crecimiento, en vez de incrementarlo. Esto depende de factores relevantes de la silvicultura que influyen en el crecimiento de una plantación y que pueden determinar la necesidad de fertilizar, como también su posible éxito o fracaso. Aquellos parámetros a tener en cuenta son la calidad de las plantas (incluyendo genética), preparación del sitio, técnica de plantación y aquellos cuidados culturales (Thiers *et ál.* 2014).

Fertilización localizada al plantar

Se hace al momento de plantar o unas semanas después, durante el primer año o periodo de crecimiento. El fertilizante empleado se localiza cercano a la planta recién plantada (en el hoyo de plantación, hoyos o bandas cerca de la planta). Esta localización es un criterio de gran importancia al momento de fertilizar, para no provocar daños o incluso la muerte de las plantas por alguna toxicidad, por quedar muy cercano el fertilizante a las raíces o entrar en contacto directo con ellas (Donoso *et ál.*,2015).

Dosis y aplicación de fertilizante para una plantación forestal

Para plantaciones forestales con especies nativas no hay suficiente información como para estimar adecuadamente la demanda de los árboles. Generalmente, las necesidades de fertilización se presentan para los elementos nitrógeno, fósforo y potasio; frecuentemente, el boro también es deficiente en suelos pobres o erosionados (Schlatter y Gerding, 2014).

Rose *et ál.*, (2004) señalan que en la actualidad la mayoría de fertilizantes contienen una mezcla química de nitrógeno, fosforo y potasio (N-P-K). Por lo que la dosis al establecimiento puede variar entre 10 y 30 g por planta.

En este orden de ideas se puede apreciar en la Tabla 2 una estimación de las dosis máximas a considerar en suelos pobres, pero estructuralmente buenos, con altas expectativas de respuesta a la fertilización, en algunas especies forestales.

Tabla 2.

Ejemplos de dosis máximas de fertilización en suelos pobres con altas expectativas de respuesta en especies de rápido crecimiento raulí (Nothofagus nervosa) y roble (Nothofagus obliqua)

Ocasión de la fertilización	Gramos de elemento por planta			Gramos de fertilizante por planta		
	N	P	K	Urea (Nitrógeno)	Superfosfato triple (Fosforo)	Sulfato de potasio (Potasio)
Año 1	10	5	3	20	25	7
Año 2	20	13	7	45	65	17
Raleo 1	120	80	50	260	400	120
Raleo 2	70	20	5	150	100	12

(Fuente: Donoso *et ál.*, 2015).

Marco legal

Q. humboldtii a pesar de tener una amplia distribución original, es reportado en la mayoría de Corporaciones Autónomas Regionales del país como una especie en estado de vulnerabilidad (vu A2 cd), debido a diferentes causas: sus poblaciones silvestres están bajo riesgo de extinción y han disminuido en un 42 %, (Cárdenas y Salinas, 2006);

Resolución 0316 de 1974

Artículo

Se establece veda indefinida en el territorio nacional de la especie denominada roble (*Q. humboldtii*), con excepción de los departamentos de Cauca, Nariño y Antioquia; no obstante, en dichos departamentos no se otorgarán permisos de aprovechamiento de dicha especie para la obtención de carbón, leña o pulpa.

Resolución 1408 del 21 de noviembre de 1975

Modifica la Resolución 0316/74, levantando la veda para la especie en los municipios de Ospina Pérez, Cabrera, Pandi y San Bernardo en el departamento de Cundinamarca, siempre y cuando la especie sea aprovechada de acuerdo con un adecuado Plan de Manejo.

Resolución 383 del 2010

Declara el Roble blanco como especie amenazada; por lo tanto, veda su uso y explotación debido a la fuerte presión que existe sobre sus bosques.

Resolución 177 de 1997

Artículo 1

La presente reglamentación busca el ordenamiento de los bosques ubicados en el territorio de jurisdicción de la CARDER, mediante las regulaciones y orientaciones que garanticen su aprovechamiento sostenible, conservación o restauración.

Capítulo VI. Trabajo de grado

El proyecto fue regido por la normatividad establecida por la Universidad de Pamplona la cual reglamenta las modalidades de trabajo de grado, en este caso se toma en cuenta las Normas correspondientes para proyectos de investigación. Mediante el Acuerdo No.186 del 02 de diciembre de 2005 Por el cual compila y actualiza el Reglamento Académico Estudiantil de Pregrado.

Artículo 35.- Definición de Trabajo de Grado

En el Plan de Estudios de los programas, la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”.

Parágrafo primero. - El Trabajo de Grado, según sus características puede ser realizado en forma individual o en grupo. Corresponde al Comité de Trabajo de Grado autorizar que dos (2) o más estudiantes se integren para realizar uno (1) solo. En todos los casos, se presentará un sólo informe.

Parágrafo segundo. - “El Trabajo de Grado se podrá matricular a partir del 8º semestre, dependiendo de la modalidad, hasta con máximo dos (2) asignaturas. El Trabajo de Grado debe sustentarse ante un Jurado, compuesto por tres (3) personas conocedoras del tema y puede recibir como calificación: “Aprobado”, “Excelente” o “Incompleto”, cuando no cumpla con los objetivos propuestos en la modalidad en la cual se adelanta, en tal caso, el estudiante deberá matricularlo nuevamente en el semestre académico siguiente.

Artículo 36.- modalidades de trabajo de grado: el trabajo de grado, puede desarrollarse en las siguientes modalidades.

Investigación: Comprende diseños y ejecución de proyectos que busquen aportar soluciones nuevas a problemas teóricos o prácticos, adecuar y apropiar tecnologías y validar

conocimientos producidos en otros contextos. Para los estudiantes que se acojan a esta modalidad, deberá presentar al Director de Departamento el anteproyecto que debe contener: propuesta para la participación en una línea de investigación reconocida por la Universidad, tutor responsable del Trabajo de Grado y cronograma, previo estudio y aprobación de la misma, del respectivo Grupo de Investigación.

Metodología

Este trabajo se llevó a cabo en la modalidad de Investigación, siendo esta de carácter experimental. Se realizó con enfoque cuantitativo, el cual tiene como principal característica el uso de números y la interpretación de gráficas.

Producción de plántulas

Inicialmente se estableció un vivero agrícola cerca a Pamplonita a una altura sobre los 1.492 metros sobre el nivel del mar, en la Vereda Bella Vista y en coordenadas ($7^{\circ}35'03''$ N, y $72^{\circ}37'58''$ W); la procedencia de la semilla de roble andino fue de la Sabana de Bogotá, comprada a “Semillas RBC” (2 kg con 180 semillas) con un porcentaje de germinación final del 76 (%). Se estableció polisombra negra al 50 (%) y se llevó a cabo la siembra el día seis de julio del 2019 en bolsas plásticas con dimensiones de 30 cm x 15 cm, en sustrato compuesto en volumen por 60 (%) suelo y 40 (%) arena. En la Figura 9a, se puede apreciar las plántulas de roble, días después de su germinación.

Se sembraron alrededor de 180 semillas, que después de germinadas se mantuvieron las plantas en promedio cuatro meses, asegurando que estas tuvieran una buena formación de raíces y que con el tiempo se agotasen las reservas de nutrientes de las semillas (cuentan con un diámetro promedio de 30 a 35 mm, altura de 35 a 40 mm, y una masa seca de 6 a 8 g) (Diez *et ál.*, 2017).

Se consideró el porcentaje de germinación, germinaron 130 semillas (72 %) y de ahí en adelante se hizo un manejo integrado de plagas ya que se empezaron a presentar síntomas visuales en varias plántulas, tales como marchitamiento de las hojas y desarrollo truncado de estas, inicialmente no se pudo establecer que plaga hacia este daño ya que no se presentaban síntomas de estructuras de hongos y tampoco presencia de insectos plaga a la hora del monitoreo,

por lo que se procedió a hacer muestreo destructivo de varias de las plantas afectadas y se descubrió un daño en las raíces secundarias (Figura 9b) causado por chisa (*Phyllophaga* sp.).

De este modo Ávila *et ál.*, (2000) afirma que Las chisas son plagas ocasionales y su daño consiste en cortar las raíces de las plántulas recién germinadas o plantas desarrolladas; producen debilitamiento, disminución en el rendimiento del cultivo e incremento de los costos de producción. En el Anexo 5 se puede ver uno de los estados larvales en que se encontraba la chisa a la hora ser encontrada, mientras que en el Anexo 5b se puede apreciar la diferencia entre una planta sana y una planta con sintomatología de daño por chisa

Figura 9.

(a). Plántulas de roble andino en etapa de vivero, (b) síntomas en roble por chiza



(Fuente: Archivo personal, 2020).

El manejo inicial fue la separación de las plantas sanas de las afectadas por chisa (Anexo 8), posteriormente se empezó a aplicar productos químicos (insecticidas) en forma de drench (Figura 10) a cada plántula una vez por semana en dosis de un centímetro cubico (cc) por litro con el fin de eliminar el ciclo de vida de esta plaga y evitar que siguieran causando daño en la etapa vegetativa del roble, se hizo rotación de Lorsban liquido con ingrediente activo: Clorpirifos y Engeo con ingrediente activo de Thiamethoxan y Lambdacihalotrina; Este último

recomendado por un ingeniero agrónomo de una casa comercial del municipio de Pamplona. También se realizó control preventivo de enfermedades causadas por hongos, desde esta fase de vivero por lo menos cada 15 días y durante su establecimiento en campo al menos cada dos meses. Haciendo rotación de productos químicos como Aliette (fosetil) y Ridomil (mancozeb+metalaxilo), fungicidas de amplio espectro.

Figura 10.

(a) Aplicación de insecticida para control de chisa (b) transporte de plántulas para trasplante en campo.



(Fuente: Archivo personal, 2020).

Finalmente, esta etapa termino el primero de noviembre de 2019, se transportaron al municipio de Pamplona cuando ya las plántulas se encontraban para trasplante con una altura promedio de 25 cm, tal y como se observa en la Figura 10b. Para la selección de las plántulas que conformarían el diseño experimental en campo se tomó en cuenta que tuvieran las mismas características como altura y número de hojas. Descartando aquellas enfermas o con tallo tortuoso.

Area experimental

El experimento se estableció en un terreno localizado a 2429 metros sobre el nivel del mar, en el Centro de Investigación en Sanidad Vegetal y Bioinsumos (CISVEB), el cual se sitúa

en el kilómetro uno, vía Bucaramanga, departamento de Norte de Santander, municipio de Pamplona, en las instalaciones de la Universidad de Pamplona, con coordenadas geograficas 7° 23' 20" N; 72° 39' 00" O, con temperatura promedio de 14,4 °C y precipitación promedio anual de 921 mm.

Se llevó a cabo la delimitación del lote con un área destinada para el ensayo de 30 (m) de largo por 9 (m) de ancho para un total de 270 (m²) de tal forma que cada 3 (m) se puso una estaca para señalar el sitio de siembra de cada una de las plantas y un marco de plantación cuadrado, seguidamente se tuvo que cercar el perímetro del ensayo para proteger las plantas de algunos animales (vacas) que podían merodear en los alrededores, se tumbaron algunos árboles de pino que obstaculizaban la entrada de luz necesaria para los respectivos procesos fisiológicos de las plantas de roble andino. Por ultimo se realizó control de arvenses con herbicida Glifosato, haciendo uso de una bomba de espalda con una dosis de 4 litros por hectárea (300 ml/²⁰ de agua) estas actividades se pueden apreciar en la Figura 11.

Figura 11.

Actividades realizadas en el área experimental.



(Fuente: Archivo personal, 2020).

Nota: Las actividades fueron realizadas durante la primera semana de octubre de 2019, se puede ver en la figura (a) la tala de algunos pinos que obstaculizaban el ensayo, (b) delimitación del área de estudio, (c) cercado del perímetro y (d) lote experimental días después de aplicación con herbicida.

Fue necesario hacer un análisis de suelo para saber las características fisicoquímicas de este (materia orgánica, textura, pH, N total, P, K, Mg, Ca, Na y acidez intercambiable), con base a estos resultados (Anexo 1 y 2), 15 días antes de la siembra se realizó corrección de pH con la aplicación de cal dolomita al fondo de cada hoyo (250 g/planta) y mezclado con el suelo (Figura 12). La cal dolomita tiene la ventaja que suministra Mg (14 %), elemento deficiente en este tipo de suelo ácido. Por otro lado, también serviría como un control para la chisa, así lo afirma Castro (2016) "recomendó el encalado, la aplicación de cal, con el fin de ajustar pH del suelo y provocar la muerte del animal. Preciso que debe aplicarse mucho antes de hacer cualquier siembra".

Se tomó una muestra de suelo compuesta por 5 sub-muestras, se limpió la superficie del suelo con un azadón, luego se sacó cada sub-muestra del perfil de la capa arable, se colocaron en un balde de plástico limpio y se mezcló, como se observa en el Anexo 6. Finalmente se embolsó la muestra y se puso la etiqueta respectiva que fue enviada al laboratorio de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA para su respectivo análisis.

Figura 12.

Aplicación de cal dolomita en el área de estudio.



(Fuente: Archivo personal, 2020).

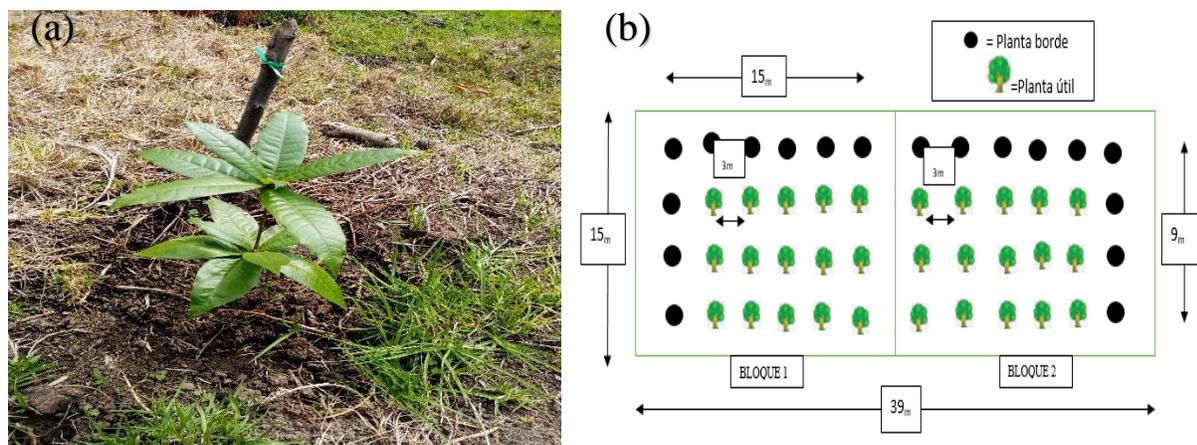
Nota: Se realizó aplicación de cal dolomita para corregir pH de suelo el cual, según los resultados arrojados en el análisis de suelo era de 5,5 (moderadamente ácido).

Establecimiento del ensayo

El trasplante de las plántulas a campo (Figura 13a) se realizó el día tres de noviembre de 2019, en 48 hoyos de 30 cm por 30 cm, se usaron un total de 10 plantas para cada uno de los tres tratamientos, debido al relieve del terreno se tuvo que separar las parcelas experimentales en dos bloques, cada uno de tres surcos (para un total de seis) y cinco plantas por surco para evaluar. En total para el ensayo se usaron 30 plantas útiles (las más sanas) y un total de 18 plantas para los bordes. Los árboles se sembraron a una distancia de siembra de tres (m) entre plantas por tres (m) entre surcos, el área fue de 39 de largo (m) por 15 de ancho (m) para un total de 585 m² contando borde y cercado. En la Figura 13b se puede apreciar la distribución de las plantas y área del lote.

Figura 13.

(a) Planta establecida en campo (b) Distribución de las plantas y área del lote.



(Fuente: Archivo personal, 2020).

Se elaboró el plan de fertilización para el primer año. Se hicieron dos aplicaciones de fertilizante, la primera se realizó junto con el producto comercial Mycorriz en una dosis de 100 (g/planta), que contienen los géneros *Glomus* sp., *Gigaspora* sp. *Acaulospora* sp. y *Entrophospora* sp, las cuales al parecer son necesarias para un buen establecimiento del roble andino. Para esto se aplicó la mitad de la dosis según el tratamiento de fertilización en el fondo de cada hoyo y mezclado muy bien con el suelo (Figura 14c), entonces, se tapó con una capa de suelo (cinco a diez centímetros) y se adiciono la otra mitad de la dosis también mezclado con suelo y distribuida alrededor de la planta, estas actividades se pueden evidenciar en la.

Los nutrientes fueron aplicados de acuerdo al siguiente esquema: para el N, P y K, 2/3 de la dosis se aplicó al momento del establecimiento y 1/3 de la dosis a los dos meses después del establecimiento, como se mencionó anteriormente

Se realizó una mezcla homogénea de dosis baja de N-P-K (Figura 14b) con 250 g de urea (10 plantas x 25 g), 625 g de fosfato diamónico (10 plantas x 62,5 g) y 150 g de cloruro de potasio (10 plantas x 15 g) para un total de 1,025 kg, se aplicó 103 g de la mezcla preparada a

cada uno de los 10 hoyos correspondientes al T1: Dosis baja; se efectuó el mismo procedimiento para el T2:Dosis alta, a diferencia que se usó 500 g de urea (10 plantas x 50 g), 1250 g de fosfato diamónico (10 plantas x 125 g) y 300 g de cloruro de potasio (10 plantas x 30 g) para un total de 2,05 kg , se aplicó 205 g de la mezcla preparada a 10 de los hoyos correspondientes al tratamiento dos. En la Tabla 3 se ven las fuentes y cantidades de fertilizante aplicado a una densidad de tres (m) por tres (m) entre plantas para un total de 1.110 árboles por hectárea. según los meses de plantación.

Tabla 3.

Cantidad de nutriente aplicado (Kg/ha⁻¹), según los meses después de plantación (MDP) a una densidad de 3m x 3m – 1110 plantas ha⁻¹.

Tratamiento	0 ^a			60 ^b			TOTAL, APLICADO			SUMA
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	
T0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T1	25	13,9	8,3	14	7,2	16,6	39	21	25	85
T2	50	27,8	16,6	27,7	14,4	33,3	78	42	50	170

Fuentes empleadas= ¹ urea (45% N), ² fosfato diamónico (18% N; 46% P₂O₅) y ³ cloruro de potasio (60% KCL).

(Fuente: Archivo personal,2020).

Se usó una balanza de precisión de 0,1 g y se marcó en potecitos plásticos el volumen que corresponde a lo que se aplicó en campo a cada hoyo del experimento (Figura 14a).

Figura 14.*Primera fertilización de roble andino.**(Fuente: Archivo personal, 2020).*

La segunda aplicación de fertilizante se realizó a los 60 días después (enero de 2020) de la plantación mediante la incorporación a una profundidad de 10 cm de suelo usando azadón y pala, en “media luna” o en un radio únicamente en la parte más alta de la curva de nivel (para evitar escorrentía debido a la ladera) y en la proyección del canopi de cada planta (Figura 15).

Figura 15.*Segunda fertilización de roble andino.**(Fuente: Archivo personal, 2020)*

Se repitió el mismo procedimiento usado en la primera aplicación de fertilizante. Se llevó a cabo una mezcla homogénea (Figura 16) de T1:Dosis baja, con 150 g de urea (10 plantas x 15g), 325 g de fosfato diamónico (10 plantas x 32,5 g) y 350 g de cloruro de potasio (10 plantas x 30 g) para un total de 775 g , se aplicó 77,5 g de la mezcla preparada a cada uno de los 10 hoyos correspondientes al tratamiento uno; se efectuó el mismo procedimiento para el T2: Dosis alta, a diferencia de que se usó 300 g de urea (10 plantas x 30 g), 645 g de fosfato diamónico (10 plantas x 64,5 g) y 600 g de cloruro de potasio (10 plantas x 60 g) para un total de 1,54 kg, se aplicó 155 g de la mezcla preparada a 10 de los hoyos correspondientes al tratamiento dos. En la Tabla 4 se indica la parcialización de la fertilización y las fuentes de fertilizantes a emplear durante el ensayo.

Tabla 4. Cantidad de fertilizante aplicado (g/planta), según los meses después de plantación (MDP).

	0 ^a			60 ^b			TOTAL, APLICADO (20 PLANTAS)			SUMA
	URE ¹	FDA ²	KCl ³	URE ¹	FDA ²	KCl ³	URE ¹	FDA ²	KCl ₃ ¹	
T0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T1	25	62,5	15	15	32,5	30	40	95	45	190
T2	50	125	30	30	64,5	60	80	190	90	360

Fuentes empleadas= ¹ urea (45% N), ² fosfato diamónico (18% N; 46% P₂O₅) y ³ cloruro de potasio (60% KCL). 250 gramos de cal dolomítica (30% CaO; 16% MgO) en cada hoyo a 0 MDP.

(Fuente: Archivo personal,2020)

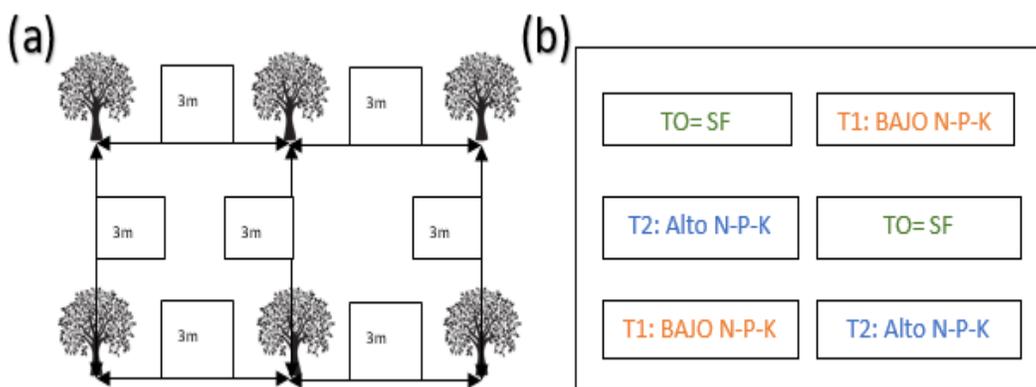
Diseño experimental y variables evaluadas

Para el diseño experimental se usó un modelo estadístico completamente al azar, con tres tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento, fueron evaluados tres niveles de fertilización química con diferentes proporciones de nitrógeno, fósforo y potasio, denominados como T0: Sin fertilizar, T1: Dosis baja de N-P-K (40 – 20 – 25; kg/ha⁻¹) y T2= Dosis alta de N – P – K (80 – 40 – 50; kg/ha⁻¹) dicha distribución se puede observar en la Figura 16a, las fuentes de fertilizante empleadas fueron urea (45% N), fosfato diamónico (18% N; 46% P₂O₅) y cloruro de potasio

(60% KCL). La unidad experimental fue una planta, con un total de 30 plantas útiles. Se usaron plantas con edad de cuatro meses, en total fueron 48, de las cuales 30 destinadas para el ensayo y 18 para el perímetro con el fin de evitar el efecto borde; Avilan (2013) enfatiza que el efecto de borde es un factor que no se debe descuidar, ya que este puede alterar la información de una investigación.

Figura 16.

Siembra de plántulas en campo (a) método de siembra cuadrado de tres (m) por tres (m) entre plantas y entre surcos. (b) diseño experimental completamente al azar.



(Fuente: Archivo personal, 2020)

Nota: Donde TO: Sin fertilización; T1: Dosis baja de N-P-K (40 – 20 – 25; kg/ha¹) y T2= Dosis alta de N – P – K (80 – 40 – 50; kg/ha¹).

Puesto que no se encontró en la literatura publicada con recomendaciones de fertilización para el roble andino, los tratamientos se basaron en los requerimientos reportadas para otras especies forestales de interés comercial en Colombia como *Pinus* sp., *Eucaliptus* sp., *Acacia* sp., *Tabebuia rosea* Bertol. (120 g de NPK por panta) entre otras (MADR, 2011). En el caso de *Acacia* negra se tienen datos de combinaciones de tres dosis de N (0,20 y 40 kg/ha⁻¹) utilizando

Urea (45% de N), tres dosis de P (0, 50 y 100 kg/ha⁻¹) utilizando superfosfato triple (46% de P₂O₅) y tres dosis de K (0, 25 y 50 kg/ha⁻¹) utilizando cloruro de potasio. (Valdir, y otros, 2013).

Se tuvo en cuenta lo anteriormente mencionado ya que Alvarado (2007), considera que al igual que otros tipos de plantas, en árboles maderables los requerimientos de nutrición son los mismos, unos en cantidades grandes (N, P, K, Ca, Mg y S) y otros se requieren en menores cantidades (micronutrientes).

Sistema de variables

Se realizaron cinco mediciones desde la siembra en noviembre de 2019 y hasta los cinco meses luego de la plantación en abril de 2020, allí se decidió dar fin con los muestreos por razones de pandemia (Covid-19), considerándose cada una de estas épocas de muestreo independiente. Se realizaron las siguientes mediciones en campo:

Altura de planta, desde el cuello hasta la gema apical (Anexo 7), con auxilio de un flexómetro (0,1cm), se tomó en cuenta los trabajos realizados por Diez *et ál.*, (2017) y P. Villar (2001).

Diámetro de tallo, a nivel del suelo, con auxilio de un pie de rey digital (0.01 mm), se tomó en cuenta el trabajo realizado por Diez *et ál.*, (2017).

Porcentaje de sobrevivencia: Número de plantas vivas / número de plantas establecidas, siendo adoptado cero (0) cuando esté muerto y uno (1) cuando esté viva.

Sanidad: Grado de daño visual en el área foliar de la planta ocasionado por plagas o enfermedades, sin importar su origen, en una escala de 0 a 4, siendo árbol sano (0 a 25%)= 0; árbol poco enfermo (25 a 50%)=1; árbol enfermo (50 a 75%)=2; árbol muy enfermo (75 a 100%)=3 y árbol muerto=4.

Número de hojas: Se tomó en cuenta todas las hojas formadas completamente, y se realizó el respectivo conteo en cada una de las plantas.

Para el procesamiento de datos en campo se usó una matriz desarrollada en el programa informático de Excel (Anexo 3), llevando el registro de cada medición evaluada por cada tratamiento de fertilización empleado en el ensayo.

Procesamiento de datos

Los datos en cada periodo de evaluación fueron sometidos a análisis de varianza y las medias separadas por la prueba Tukey a un nivel de significancia del 5%, previa comprobación de normalidad y homocedasticidad de las varianzas, empleándose el programa estadístico SAS 9. Este programa permitió procesar la información para analizar los efectos de los tratamientos de fertilización en cada época de muestreo.

Por otra parte, se usó el programa estadístico SPSS para la comparación de variables de crecimiento vegetativo frente a las diferentes dosis de fertilización, de tal manera que se realizó prueba de Tukey sobre los datos promedios obtenidos de las variables estimadas, con el fin de dar cumplimiento al segundo objetivo de este ensayo.

Resultados y discusión

En este trabajo se evaluó el efecto que tuvo la fertilización en diferentes dosis sobre una serie de variables de crecimiento previamente determinadas. Para esto se realizaron revisiones periódicas; Si hubo diferencias significativas ($p < 0.05$), se hizo comparación de medias por la prueba Tukey en el programa estadístico SAS 9.4. Debido a la baja sobrevivencia (14%), la altura, diámetro de tallo y número de hojas del T2: Dosis alta, no se consideró en los análisis para la última época de medición (175 días después del trasplante).

Efecto de los tratamientos de fertilización

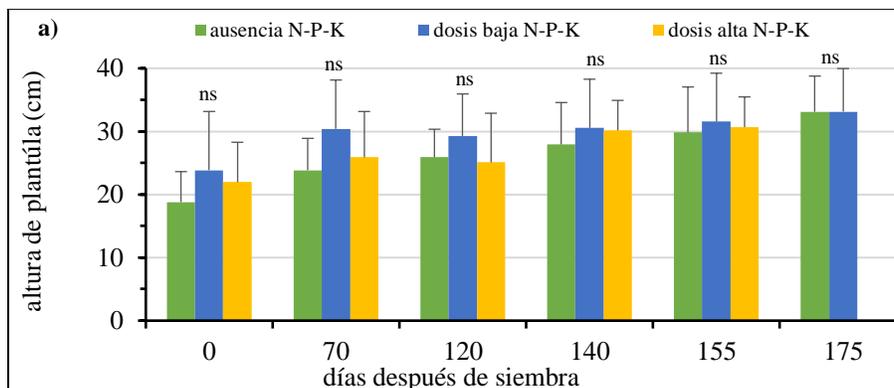
Altura de planta

En cuanto a altura de la planta que es una de las variables de crecimiento, en el Anexo 10, se observan los resultados obtenidos durante los 175 días que duró el ensayo completo, se observa que el tratamiento en donde la dosis de N-P-K era baja la altura de la planta fue superior al resto de los tratamientos. Presentando su pico más alto con 33,14 cm a los 175 días, en comparación con el tratamiento en donde se presentó la ausencia de N-P-K, los resultados indican que presentó el dato más bajo en cuanto a esta variable.

Cabe recalcar que no se presenta una variación estadística significativa en los tres tratamientos debido a que los valores obtenidos, no presentan un intervalo de diferencia considerable, es decir que son muy similares entre sí (Figura 17).

Figura 17.

Resultados obtenidos en cuanto a la variable de altura de la planta durante el tiempo que se realizó el ensayo.



(Fuente: Archivo personal, 2020).

Teniendo en cuenta a Pablo *et ál.*, (2011), coinciden con el arreglo forestal a una densidad de siembra de tres (m) por tres (m), el cual tuvo un mejor desempeño en altura de 89,34 cm por un periodo de siete meses. Por un lado, afirma que ese resultado se dio por el sombrío que generaban cultivos aledaños de maíz y frijol. Desde otra perspectiva en este ensayo se puede señalar lo contrario ya que los árboles de roble andino se expusieron a plena luz durante los 5 meses de evaluación en campo. Por lo que se llega a la conclusión de que dicha relación entre ambos experimentos se dio por las condiciones edafoclimáticas similares en las que fueron establecidas las plantas tales como la altitud y el tipo de suelo en ambas áreas de estudio.

En otras palabras, la fertilización no tuvo efecto en ninguno de los tratamientos de fertilización durante los 170 días de medición, tal y como afirma Chirino *et ál.*, (2004) en su trabajo titulado efectos de la reducción del riego y la fertilización en las características morfológicas de *Quercus súber*, Debido a que ningún tratamiento de fertilización tuvo diferencia significativa sobre algunas variables morfológicas evaluadas.

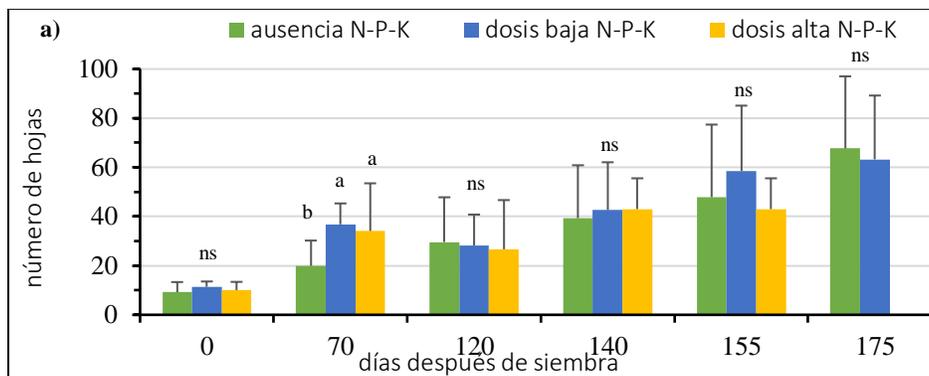
Número de hojas

En el Anexo 11, se observan los resultados obtenidos durante los 175 días en los que se realizó la investigación correspondiente, dentro de lo más relevante de esta información es que en el tratamiento en ausencia de N-P-K presentó inicialmente los resultados más bajos en cuanto a esta variable con 9 hojas al iniciar los muestreos correspondientes, sin embargo se presentó un incremento significativo durante el transcurso del tiempo, arrojando al final el dato más alto con un aproximado promedio de 68 hojas por planta, en comparación con el tratamiento con una dosis baja de N-P-K, el cual su punto más alto fue el presentado el día 175 después de la siembra con un total de 63 hojas promedio por planta.

En la Figura 18, se observan gráficamente el comportamiento de la variable, en cuanto al tiempo después de la siembra en cada uno de los tratamientos aplicados, se observa que en el día 70 se presentó una diferencia estadística en los datos obtenidos en este muestreo, los tratamientos de dosis baja y dosis alta de N-P-K están ubicados estadísticamente dentro del mismo grupo debido a que sus resultados son muy similares y al hacer el análisis estadístico arrojó que no se presenta una diferencia estadística relevante entre éstos, a diferencia del tratamiento en ausencia de N-P-K, el cual sí indicó una diferencia estadística considerable de 68 hojas total, en consideración con los otros dos tratamientos.

Figura 18.

Resultados obtenidos en cuanto a la variable de número de hojas de la planta durante el tiempo que se realizó el ensayo.



(Fuente: Archivo personal, 2020).

Antes de hacer la segunda dosificación de fertilizante a las plantas, se observó una gran diferencia significativa entre las dosis altas y baja de N-P-K con respecto al tratamiento cero, por lo que se puede asegurar que la fertilización realizada dos meses después de la plantación en campo si fue la causante de la disminución drástica del número de hojas en los tratamientos de fertilización (T1 Y T2). Cabe resaltar que en la cuarta medición (140 días después de trasplante), se observó en campo una rápida formación de brotes en las plantas (Anexo 9) y por ende su aumento de número de hojas que pudo haber sido influenciado por las lluvias presentadas en esta fecha (marzo, 2020) ya que fue de manera uniforme en cada uno de los tres tratamientos de fertilización. No se encontró literatura para comparar con respecto a esta observación.

Diámetro de tallo

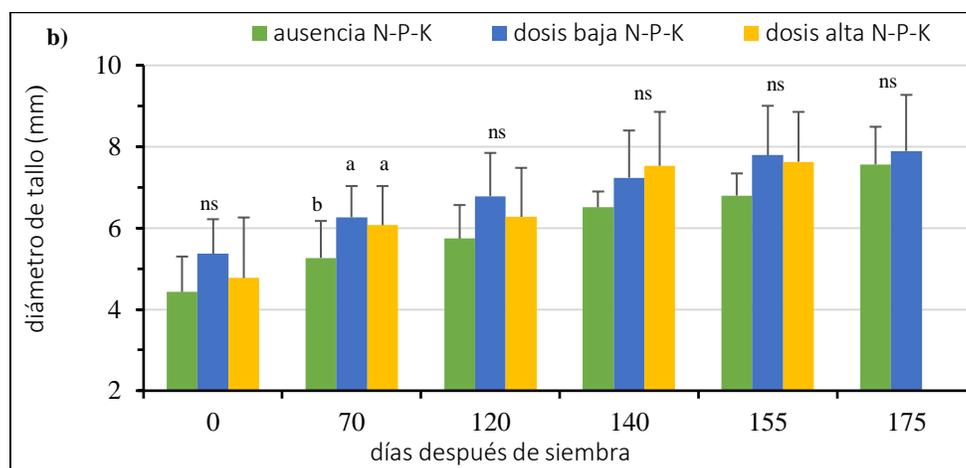
En el Anexo 12, se muestran los resultados obtenidos en cuanto al diámetro de tallo en cada uno de los tres tratamientos durante el tiempo que duró el ensayo, se observa que la variación estadística es significativa entre los resultados obtenidos en los tratamientos, sin embargo el tratamiento en donde se aplicó una dosis baja de N-P-K, se obtuvo el promedio más

alto con un total de 7,89 mm en comparación con el tratamiento con una dosis alta de N-P-K en el cual no se tiene un registro sobre esta variable y el tratamiento de ausencia de N-P-K, en donde fue más bajo aproximadamente 7.56 mm.

En la Figura 19, se observa el comportamiento grafico de los datos obtenidos en cada uno de los tratamientos, como relevancia no se presenta una variación estadística significativa en la mayoría de los muestreos, por lo que los datos indican que en cuanto a esta variable (diámetro de tallo) no se puede establecer con una claridad exacta cuál de los tratamientos es más adecuado, se recomienda que se sigan haciendo estudios mucho más detallados sobre el tema para poder hacer una comparación de datos y determinar un tratamiento adecuado a nivel de fertilización.

Figura 19.

Resultados obtenidos en cuanto a la variable diámetro de tallo de la planta durante el tiempo que se realizó el ensayo.



(Fuente: Archivo personal, 2020).

Desde el punto de vista de Díez *et ál.*, (2017) el manejo en vivero y la fertilización en campo si tuvieron un efecto significativo sobre el crecimiento de esta plantación de roble tanto en altura como en el diámetro del tallo. De este modo se puede hacer un análisis con respecto a los requerimientos nutritivos en el suelo del campo de estudio ya que al ver la Figura 21 solo se

observó una diferencia estadística a los 70 días (2^a medición) después del trasplante, entre la dosis baja y alta de N-P-K y la ausencia de fertilizante, por lo cual se deduce que después de la segunda fertilización (enero,2020) pudo haber una sobrecarga de nutrientes y por ende un desbalance nutricional en la planta respecto a los tratamientos con fertilización (N-P-K).

Sobrevivencia

En cuanto a la variable de sobrevivencia hace énfasis en el porcentaje de plantas que sobrevivieron en cada uno de los tratamientos, en el Anexo 13, se observan los resultados referentes a esta variable, se observa que en todos los tratamientos se presentó un porcentaje de mortalidad mínimo en dos tratamientos y preocupante en el otro restante, en los tratamientos de ausencia de N-P-K y dosis baja de N-P-K se presentó un 90 (%) y 80 (%) respectivamente al culminar los muestreos, el caso más relevante en cuanto a esta variable lo presenta el tratamiento en el cual se aplicó una dosis alta de N-P-K ya que al finalizar solo el 14,3 (%) de las plantas establecidas sobrevivieron, lo anterior pudo ser debido a que la plantas sometidas a este tratamiento presentaron síntomas relacionados con problemas de fitotoxicidad por exceso de nutrientes que al paso del termino por eliminar un porcentaje considerable como claramente se observa en los datos obtenidos.

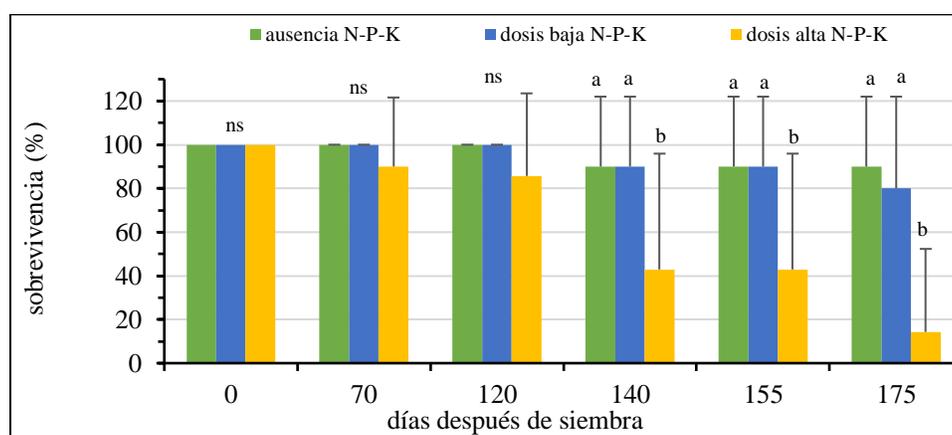
El porcentaje de mortalidad registrado en este ensayo se contrasto con la investigación realizada por P. Villar-Salvador (2001), la cual concluye que Las plantas de *Quercus ilex* L. no fertilizadas presentaron una mortalidad significativamente mayor y un crecimiento menor que las poco o muy fertilizadas, así mismo entre las plantas poco y altamente fertilizadas, no se hallaron diferencias significativas de supervivencia y crecimiento. contrario a lo que sucedió en este ensayo.

En la Figura 20, se observan el comportamiento que presenta la variable de sobrevivencia durante el tiempo que duro el ensayo en cada uno de los tratamientos, se observa que el

tratamientos con una dosis alta de N-P-K presento un declive en su porcentaje de sobrevivencia presentando al final el porcentaje más bajo en comparación con los tratamientos de ausencia de N-P-K y dosis baja de N-P-K que presentaron un 10 (%) y 20 (%) de mortalidad respectivamente ,además que según se observa en la gráfica su comportamiento fue ligeramente estable.

Figura 20.

Resultados obtenidos en cuanto a la variable de sobrevivencia de la planta durante el tiempo que se realizó el ensayo.



(Fuente: Archivo personal,2020).

En efecto hay que tener en cuenta que para esta variable el tratamiento en donde no se aplicó una dosis de los macronutrientes (N-P-K), presento el porcentaje de supervivencia más alto, por lo que se puede concluir que el suelo tal vez poseía una carga suficiente de elementos necesarios para que la planta realizara sus procesos fisiológicos, por lo que al aplicar una dosis como lo fue en los otros tratamientos, la planta presento excesos de nutrientes y condiciones de antagonismo entre ellos mismos lo que provocó que la planta no realizara a cabalidad sus procesos fisiológicos lo que aceleró su proceso de senescencia.

Q. humboldtti ha sido reportada por su capacidad de crecer en diferentes tipos de suelos, desde los medianamente fértiles hasta los degradados y casi estériles (Aguilar, 2009),

lo que permite explicar la tolerancia que presenta frente a diversas condiciones edáficas como su alta probabilidad de sobrevivencia.

Sanidad vegetal

En el Anexo 14, se observan los datos acumulados durante los 175 días de establecido el ensayo, entre lo más relevante se encontró que en el tratamiento de ausencia de N-P-K se muestra que tuvo el grado más bajo de sanidad por debajo de uno, lo que significa que fueron árboles sin síntomas visuales de ataque de alguna plaga o patógeno, seguidamente en base a los tratamientos con fertilización se observa que el tratamiento dos fue el más afectado acercándose a cuatro que significa árbol muerto, mientras que en el tratamiento uno, se vio menos afectado con un valor cercano a uno (árbol poco enfermo).

Por esta razón se puede concretar que los tratamientos con fertilización son más propensos al desarrollo de daños visuales causados en hojas por algún patógeno, pero con más severidad en el tratamiento con dosis alta de N-P-K, por lo cual no se recomienda esta dosis de fertilización para posteriores estudios y se hace necesario el control permanente con rotación de fungicidas al menos durante su primer año de establecimiento.

En la Figura 22, se observa el comportamiento que presenta la variable de sanidad visual durante los 175 días del ensayo en cada uno de los tratamientos, se observa que el tratamiento con una dosis alta de N-P-K presento una gran diferencia estadística en el cuarto muestreo (140 días después del trasplante) en comparación con los otros dos tratamientos (T0 y T1), los cuales no tuvieron diferencia significativa, por lo que se puede analizar que después de la segunda aplicación de fertilizante (enero de 2020) se empezó a evidenciar un cambio de daño visual en las plantas con una dosificación alta. Morales (2001) verifica que las deficiencias o excesos de nutrientes en el suelo pueden favorecer la aparición de enfermedades forestales dado que afectan

el metabolismo y limitan la formación de los mecanismos de defensa naturales de la planta, promoviendo el ataque de ciertos patógenos.

Se presentaron síntomas en las plantas con dosis alta de N-P-K, tales como caída de hojas y hojas necróticas (manchas de color castaño) a partir de los 120 días de trasplante, por lo que es posible que se hubiera presentado una toxicidad por macronutrientes, por ende también la aparición de hongos tales como *Cladosporium* sp. (Figura 21) de acuerdo con Silva, M. P. (2019), estos síntomas presentados fueron los mismos en el ensayo realizado por ella en las plantas evaluadas, las cuales se empezaron a secar por los bordes hasta consumir totalmente la hoja y finalmente causar su muerte.

Cabe resaltar que estos mismos síntomas se presentaron durante la etapa de vivero pero se logró estabilizar y destruir las estructuras fungicas con rotaciones quincenales de Aliette (fosetil) y Ridomil (mancozeb+metalaxilo), en el caso de la fase de campo se llevó a cabo el mismo control con aplicaciones cada dos meses, pero por razones de pandemia (Covid-19) en el mes de marzo (2020) no se pudo seguir con el control preventivo de este hongo al menos durante sus primeros seis meses en campo.

Figura 21.

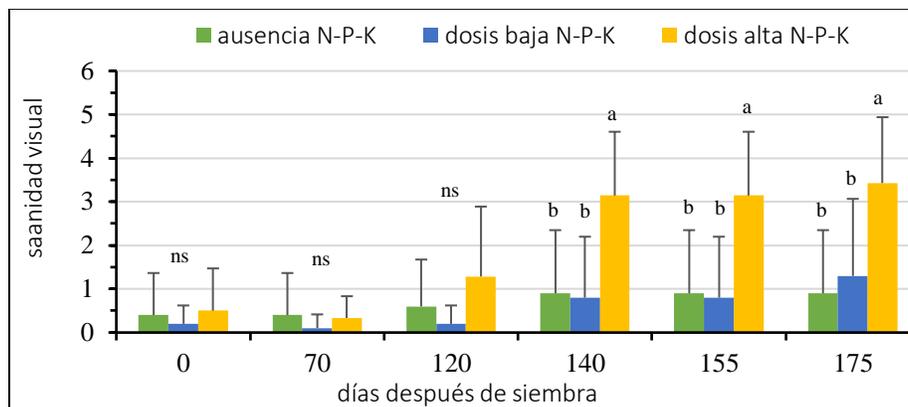
Síntomas visuales en roble andino causado por Cladosporium sp.



(Fuente: Archivo personal, 2020)

Figura 22.

Resultados obtenidos en cuanto a la variable de sanidad vegetal en cada una de las plantas durante el tiempo que se realizó el ensayo.



(Fuente: Archivo personal, 2020).

Comparación de variables de crecimiento

Con respecto al comportamiento de las variables de crecimiento se puede evidenciar que algunas de las evaluadas en este ensayo (altura, diámetro de tallo y número de hojas), tuvieron una relación entre sí, de tal forma que el mejor tratamiento para la mayoría de las variables fue el de dosis baja, por lo que se puede destacar es que cada una de la variables estudiadas son dependientes una de la otra ; Bennedeto y Tognetty (2016) consideran que el crecimiento es considerado como un incremento irreversible en las dimensiones de la planta. lo que significa que para determinarlo es importante tener en cuenta variables relacionadas, tales como la acumulación de peso, las variaciones en altura y el diámetro del tallo.

Altura de planta

En la Tabla 5, se observan los resultados obtenidos de la prueba de Tukey realizada sobre los datos promedios obtenidos de la variable de altura de la planta en cada uno de los tratamientos propuestos en el ensayo, se observa que los tratamientos y el tratamiento cero no

presentan una variación significativa en base a las medias de estos tratamientos, sin embargo en cuanto al tratamiento uno se presenta una diferencia estadística considerable con un valor medio de 30,2170 cm en cuanto a la altura de las plantas que conformaron dicho tratamiento.

Tabla 5.

Prueba de Tukey para variable altura de planta en cada uno de los tratamientos.

Altura (cm)			
HSD Tukey ^{a,b,c}			
TRATAMIENTO	N	Subconjunto	
		1	2
AltoNPK	47	25,0983	
Ausen	70	26,1693	
BajoNPK	70		30,2170
Sig.		,627	1,000

(Fuente: Archivo personal, 2020).

Para estimar el crecimiento y desarrollo de la planta, la altura es una característica fisiológica de gran importancia. Está asociada a la elongación del tallo ya que es en este órgano donde retiene y acumula los nutrientes que produce durante la fotosíntesis.

Diámetro de tallo

En la Tabla 6, se reflejan aquellos resultados de la prueba de Tukey realizada sobre los datos promedios obtenidos del diámetro de tallo en la planta en cada uno de los tratamientos propuestos en el ensayo, se observa que los tratamientos de alto N-P-K y ausencia de los mismos no presentan una variación significativa en base a las medias de estos tratamientos, en cuanto al tratamiento uno se presenta una diferencia estadística considerable con un valor medio de 6,8313 mm en cuanto al diámetro de tallo de las plantas que conformaron dicho tratamiento.

Tabla 6

Prueba de Tukey para variable diámetro de tallo en cada uno de los tratamientos.

Diámetro			
HSD Tukey ^{a,b,c}			
		Subconjunto	
TRATAMIENTO	N	1	2
Alto NPK	47	6,0016	
Ausen	70	6,0234	
Bajo NPK	70		6,8313
Sig.		,993	1,000

(Fuente: Archivo personal,2020).

Número de hojas

En la Tabla 7, se reflejan aquellos resultados de la prueba de Tukey realizada sobre los datos promedios obtenidos de número de hojas de la planta en cada uno de los tratamientos propuestos en el ensayo, se observa que los tratamientos de alto N-P-K y ausencia de los mismos no presentan una variación significativa en base a las medias de estos tratamientos, en cuanto al tratamiento uno no alcanza a reflejar cierta diferencia estadística con el tratamiento de ausencia de fertilización, sin embargo si demuestra un valor promedio mayor que todos los demás tratamientos (35,6714).

Tabla 7.

Prueba de Tukey para variable número de hojas en cada uno de los tratamientos.

Número de hojas			
HSD Tukey ^{a,b,c}			
		Subconjunto	
Tratamiento	N	1	2
Alto NPK	47	25,3191	
Ausen	70	31,9571	31,9571
Bajo NPK	70		35,6714
Sig.		,058	,404

(Fuente: Archivo personal,2020).

Conclusiones

Las características edafoclimáticas del área de estudio son las adecuadas para el crecimiento y sobrevivencia de *Q. humboldtii*, sin verse la necesidad de aportar fertilizantes como balance nutricional, al menos durante su primer año de establecimiento en campo. Esto teniendo en cuenta que esta especie de roble ha sido reportada con capacidad de crecer en suelos medianamente fértiles, infértiles y hasta los más degradados.

En ambos tratamientos de fertilización con N-P-K después de la segunda dosificación se empezó a ver un decrecimiento en cuanto a la sanidad y sobrevivencia de los árboles, por tal motivo al usar la dosis alta de N-P-K no se tendrán resultados óptimos en el roble andino. Por el contrario, habrá toxicidad en las plantas y por consiguiente aparición de patógenos no deseables.

Los resultados esperados en este ensayo no se llevaron a cabalidad ya que por problemas de pandemia (Covid 19) se dio fin a los muestreos sin poder dar seguimiento al monitoreo y control de enfermedades (*Cladosporium* sp.).

El crecimiento en altura de las plantas de roble andino, después de establecidos en campo, no presento una variación significativa en las dosis altas de N-P-K (80-40-50 kg/ha⁻¹) y ausencia de este, mientras que el tratamiento de baja dosis de N-P-K (40-20-25 kg/ha⁻¹) tuvo el valor más alto de las medias observadas con 30,2179 cm de altura.

Una alta dosis de fertilización puede provocar en la planta toxicidad y de igual manera la aparición instantánea de patógenos, por lo que es indispensable el manejo integrado de plagas y enfermedades y el monitoreo constante.

La fertilización inicial fue suficiente para observar un buen desarrollo vegetal de *Q. humboldtii*, mientras que al aplicar 1/3 de la dosis restante a los dos meses después del trasplante (DDT) se empezó a tener problemas con respecto a la sanidad vegetal por ataque de enfermedades.

La puesta en marcha de un plan de fertilización adecuado para cada área en particular es algo complejo, por lo que se ve importante y útil poder conocer los resultados de aplicación en otras regiones de estudio con la especie que se estableció. Integrado a un análisis de suelo con su respectiva recomendación, de tal forma que se contribuya a mejorar el crecimiento y sobrevivencia de *Q. humboldtii*.

Recomendaciones

Al responder positivamente a las condiciones edafoclimáticas de Pamplona se considera que deberían llevarse a cabo más estudios en procesos investigativos que tengan que ver con esta especie (*Q. humboldtii*) y más inversión por parte de las directivas competentes para incentivar la reforestación en esta región.

Se recomienda repetir el ensayo teniendo en cuenta las conclusiones y recomendaciones realizadas en este, de igual manera un diseño experimental de bloques completamente al azar. De este modo asegurar mejores resultados.

Delimitar el perímetro del ensayo con varias cuerdas de alambre de púa y con postes a una distancia máxima de dos (m), para evitar así el daño del diseño experimental por factores externos.

Se podría llevar a cabo un manejo silvicultural desde la etapa de vivero, en donde las plantas se pueden llevar a campo con un promedio de altura de 25 cm con una edad de 4 meses a partir de su germinación, teniendo en cuenta el control de plagas y enfermedades llevado a cabo durante esta etapa para asegurar una respuesta significativa en su crecimiento y desarrollo en campo

Mantener el roble andino durante la etapa de vivero con un sombrío prolongado ya que al exceder el sombrío las plantas pueden retardar su crecimiento y por ende su altura, indispensable para llevar a campo.

Elegir muy bien el sustrato donde se van a poner a germinar las semillas, llevando a un proceso de solarización. Aunque no permite aspirar una desinfección completa del suelo, si disminuye la dosis de productos químicos aplicados.

Llevar a cabo práctica de encalado, ya que esto permite reducir las toxicidades por aluminio y favorece la disponibilidad de nutrimentos como calcio y magnesio, elementos importantes para un buen desarrollo de las plantas.

Aplicar micorrizas para corregir deficiencias y mejorar la absorción del fósforo, de esta forma se mejora la capacidad de absorción de agua y nutrientes de baja movilidad en el suelo. No mezclar con fertilizantes químicos.

Aunque es difícil, se recomienda llevar evaluaciones en campo por periodos de uno o más años para realizar un manejo silvicultural completo de esta especie.

Se recomienda usar la dosis baja de N-P-K (40-20-25 kg/ha⁻¹) planteada en este ensayo, ya que como se observó fue el mejor tratamiento de fertilización en cuanto a la gran mayoría de variables evaluadas.

La dosis de fertilizante debe ser cuidadosamente calculada para evitar un exceso de las cantidades, que no influyan en el crecimiento pero que sí pueden ser fuentes contaminantes para la planta como para el medio ambiente con el que interactúa.

Con respecto a la nutrición tener en cuenta el fertilizante a aplicar, la cantidad y las épocas de aplicación. Por último, la localización del fertilizante y la técnica adecuada para esta labor son sumamente importantes.

Referencias

- Aguilar G, M. (2009). Plan de restitución poblacional de *Quercus humboldtii* Bonpl. en la reserva forestal protectora. *Robledal, Cundinamarca Colombia*. <https://n9.cl/kr6k8>
- Alvarado a., Raigosa, J. (2007). Nutrición y fertilización forestal en regiones tropicales. *Centro de investigaciones agronómicas universidad de costa rica san José*. pp 83.
<https://n9.cl/0d6d4>
- Andivia, E., Carevic, F., Fernández, M., Alejano, R., Vázquez-Piqué, J. y Tapias, R. (2012). Evolución estacional del estado hídrico tras la trasplantación de dos procedencias de plántulas de vivero de encina. *New Forests*, 43(5-6), 815-824. <https://n9.cl/jay04>
- Ávila, c., Velandia, J y López, A. (2000). Enfermedades y plagas de las hortalizas y su manejo. *Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Bogotá D.C.*, 68 p. <https://n9.cl/ascx>
- Avilán, W. y Mozón, D. (2013). Efectos de competencia y de bordura entre parcelas experimentales en ensayos de fertilizantes con algodón, caraota, frijol y soya. *Agronomía Tropical*, vol. 24, no. 5, p. 421-442. <https://n9.cl/atmx>
- Bandera, H. L. (2014). Diseño del producto turístico de Norte de Santander. *Fonturcolombia*, 60-64. <https://n9.cl/wzrczd>
- Benedeto, D., y Tognetty, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento. *Revisiones*, 1-5.
<https://n9.cl/ywx4h>
- Cárdenas, D. y Salinas, N. (2006). Roble: *Quercus humboldtii* Bonpl. Libro rojo de plantas de Colombia. Especies maderables amenazadas: primera parte (pp. 156- 160). *Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi)*. <https://n9.cl/4iprz>
- Carpanezzi A., Brito j., Fernandes P., Jark Filho W. (1999). Contenido de macro y micronutrientes en hojas de diferentes edades de algunas especies del bosque nativo. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"* 23:225-232. <https://n9.cl/30sw8>

- Cervantes, V., López, M., Salas, N. y Hernández, G. (2001). Técnicas para propagar especies nativas de la selva baja caducifolia y criterios para establecer áreas de reforestación. México D.F: Facultad de Ciencias, *Universidad Nacional Autónoma de México*. 52 p. <https://n9.cl/50kch>
- Castro, C. C. (2016). Consejos para combatir la chiza en predios de Cundinamarca. *Contexto ganadero*. <https://n9.cl/g0wt>.
- Diez, M.C., Sepúlveda, Y.L. y Moreno, F. (2017). Desarrollo inicial del roble andino en respuesta al manejo en vivero y durante la plantación. *Colombia Forestal*, 20(2), 118-130. <https://n9.cl/5yjr>
- Donoso P, C Navarro, D Soto, V Gerding, O Thiers, J Pinares, B Escobar, MJ Sanhueza. (2015). Manual de plantaciones de raulí (*Nothofagus alpina*) y coihue (*Nothofagus dombeyi*) en Chile. *Universidad Austral de Chile*. 203 p. ISBN: 978-956-9412-23-3. <https://n9.cl/rbfiw>
- E. Chirino Miranda, A. V. (2004). Efectos de la reducción del riego y la fertilización en las características morfológicas de *Quercus suber*. *Research*. <https://n9.cl/f6ya>.
- Galindo T, R., Betancur, J., y 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*. <https://n9.cl/vfq0>
- García, C., Suarez, C., y Daza, M. (2010). Estructura y Diversidad Florística de Dos Bosques Naturales. *Buenos Aires, Dpto Cauca, Colombia*. <https://n9.cl/bil6>
- Gómez D, J. D., Monterroso R, A. I., Tinoco R, J. A., y Etchevers B, J. D. (2012). Almacenes de carbono en el piso forestal de dos tipos de bosque. *Tierra latinoamericana*. <https://n9.cl/2cbe>

- Gómez-Restrepo, M. L., Toro-Murillo, J. L. y Piedrahita-Cardona, E. (2013). Propagación y conservación de especies arbóreas nativas. Medellín, Colombia: Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. *Corantioquia*. <https://n9.cl/szsv> .
- Gonzalez, N. F. (2016). Plan de manejo y conservación del roble (*Quercus humboldtii* Bonpl.) en la jurisdicción de Car, Cundinamarca. *Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca*, 1-10. <https://n9.cl/jr4wn>
- Johns, T. (2006). Manejo de la biodiversidad en los ecosistemas agrícolas. *Biodiversity international*. <https://n9.cl/x2cv>
- Kapelle, M. (2006). Ecología y conservación del bosque de robles, montes neo tropicales. Heidelberg. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://n9.cl/smh0>
- León, J. D., Vélez, G., y Yepes, A. P. (2009). Estructura y composición florística de tres robledales en la región norte de la cordillera central de Colombia. *Revista Colombia Forestal*, 57(December), 1165–1182. <https://n9.cl/hhc8b>
- MADR (2011). Ministerio de agricultura y Desarrollo Rural. Potencial de reforestación comercial en Colombia. *Diagnostico*. 21p. <https://n9.cl/p1o3o>
- Manos, P. S., Doyle, J. J. y Nixon, K. C. (1999). Filogenia, biogeografía y procesos de diferenciación molecular en *Quercus subgenus* (Fagaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 12(3), 333-349. <https://n9.cl/73cyi>
- Meli, P. (2003). Restauración ecológica de bosques tropicales. *Veinte años de investigación académica.interciencia*, vol. 28 n° 10. <https://n9.cl/98ht1>
- Morales, D. (2001). La fertilidad química del suelo y el «mal del ciprés» en Patagonia, Argentina. *Ciencia del suelo*. <https://n9.cl/dryf>
- Nixon, K. C. (1993). Clasificación infragenérica de *Quercus* (Fagaceae) y tipificación de nombres seccionales. *Annales des Sciences Forestières*, 50, 25-34. <https://n9.cl/jeqs>

- Pablo , E., Burbano, R., y Andrey, H. (2011). Establecimiento y evaluación del roble (*Quercus humboldtii*) bajo dos arreglos agroforestales, en los municipios de Puracé y Timbío - departamento del Cauca. *Repositorio Universidad del Cauca*, 82. <https://n9.cl/qi0qn>
- P. Villar-Salvador; R. Planelles; E. Enríquez; J. Peñuelas y J. Zazo, (2001). Influencia de la fertilización y el sombreado en el vivero sobre la calidad de la planta de *Quercus ilex* L. y su desarrollo en campo. *Researchgate*. <https://n9.cl/uss2>
- Rose R, DL Haase, E Arellano. 2004. Fertilizantes de entrega controlada: potencial para mejorar la productividad de la reforestación. *Scielo*. <https://n9.cl/y4sg3>
- Saenz, F. (2008). Plan de investigaciones: prioridades de investigación para el manejo forestal sostenible de los bosques de roble. Colombia. *Fundacion.Natura*, 21-56. <https://n9.cl/w6lnq>
- Santos, A., Estrada, E. y Rivas, G. (2012) Uso de la leña y conservación del bosque en el volcán Huitepec, Chiapas, México. *LiminaR Estudios Sociales y Humanísticos*, p. 138-158. <https://n9.cl/vfn3l>
- Sepúlveda, Y. L., Díez, M. C., Moreno, F. H., León, J. D. y Osorio, N. W. (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. <https://n9.cl/qytp>
- Schlatter J, V Gerding. 2014. Ecología forestal. Bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile. Valdivia, Chile. *Ediciones UACH*. p. 309-319. <https://n9.cl/9o085>
- Silva, M. P. (2019). Experiencias adquiridas en la evaluación de la aplicación de micorrizas arbusculares y fertilización química en *Quercus humboldtii* Bonpl. durante su establecimiento en la granja experimental Villa Marina, municipio de Pamplonita, Norte de Santander. *Biblioteca Rafael Faria (UP)*, 72. <https://n9.cl/zgas>

- Tejedor, N., Álvarez, E., Arango, S., Araujo, A., Blundo, C., Boza, T., La Torre, M.A., Gaviria, J., Gutiérrez, N., Jørgensen, P.M., León, B., López, R., Malizia, L., Millán, B., Moraes, M. Pacheco, S., Rey, J.M., Reynel, C., Timaná, M., Ulloa, C., Vacas, O., Newton, A.C. (2012). Evaluación del estado de conservación de los bosques montanos en los Andes tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2), 148-166. <https://n9.cl/b2a1>
- Thiers O, J Reyes, V Gerding, J Schlatter (2014). Suelos en ecosistemas forestales. En: Donoso C, M González, A Lara eds. Ecología forestal. Bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chile. Valdivia, Chile. *Ediciones Universidad Austral de Chile*. p.133–178. <https://n9.cl/rbfiw>
- Trubat, R., Cortina, J. y Vilagrosa, A. (2011). La privación de nutrientes mejora el rendimiento de campo de las plántulas leñosas en un matorral semiárido degradado. *Ecological Engineering*, 37(8), 1164- 1173. <https://n9.cl/xyso>
- Valdir, M. V., Viera, M. V., Kneipp, E., Neves, F. C., Guilherme, V., y Witschoreck, R. (2013). Crecimiento de Acacia Negra en respuesta a diferentes dosis de Nitrogeno, Fosforo y Potasio. *SciELO*, Vol.19 no.1. <https://n9.cl/d63v>
- Villar-Salvador, P., Planelles, R., Enriquez, E. y Rubira, J. P. (2004). Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. *Forest Ecology and Management*, 196(2), 257-266. <https://n9.cl/tc5ar>
- Wallau R., Borges A., Rezende D., Camargos S. (2008). Síntomas de deficiencias nutricionales en Plántulas de caoba en solución nutritiva. *Cerne*, 304-310. <https://n9.cl/wt59l>
- Whitmore, T. C. (1997). Perturbación, desaparición y pérdida de especies de los bosques tropicales. *En tropical forest remnants*. <https://n9.cl/z5dz>

Anexos

INFORME No. QAS19-000619 ANDRES IVAN PRATO SARMIENTO 2019-11-22



REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO
DE SERVICIOS UNA MUESTRA
GESTIÓN DE LA AGENDA CORPORATIVA

LABORATORIO DE QUÍMICA ANALÍTICA (Química de suelos)

1. Información del cliente

NOMBRE Y APELLIDO: ANDRES IVAN PRATO SARMIENTO
CÉDULA O NIT: 1092341596
DIRECCIÓN: CALLE 21# 29-42, EDIFICIO OXFORD 21, APT 801 BARRIO SAN ALONSO
DEPARTAMENTO: SANTANDER
MUNICIPIO: RIONEGRO
TEL, FIJO/CEL: 3223522664 / 3223522664
TIPO DE ANALISIS: SUELOS-QUÍMICA-FERTILIDAD CARACTERIZACIÓN (LQA) EXT

NÚMERO SOLICITUD	CÓDIGO DE LABORATORIO
QAS19-000619	LQAS19-008870

2. Información de la muestra suministrada por el cliente

IDENTIFICACIÓN: ROBLE ANDINO-UNIPAMPLONA
MATRIZ: Suelos
VEREDA: Pamplona
FINCA: Unipamplona
PRODUCTOR: Andres Ivan Prato Sarmiento
CULTIVO(S): No Indica variedad No indica con 0 Año(s) de edad

ALTURA: 2500m.s.n.m
PROFUNDIDAD: 0 a 30 cm
TIPO DE RIEGO: No Indica
TOPOGRAFIA: Ligeramente ondulado
DRENAJE: Buen drenaje

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Agrosavia con acreditación ONAC vigente a la fecha, con código de acreditación 13-LAB-031, bajo la norma ISO/IEC 17025:2005

El laboratorio tiene acreditación ONAC bajo la norma NTC ISO/IEC 17025 en los ensayos de: pH (VC_R_004 versión 03 de 2017-01-28), fósforo disponible Bray II (VC_R_007 versión 02 de 2017-09-22), conductividad eléctrica en suelos (NTC 5596:2008), cationes intercambiables en suelo calcio, magnesio, potasio y sodio disponibles (ID_R_072 versión 5 de 2017-09-28), micronutrientes en suelo por Olsen modificado Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc (NTC 5526:2007).

FECHA DE RECEPCIÓN: 2019-10-22
FECHA DE ANÁLISIS: De 2019-10-22 a 2019-11-18
FECHA DE REPORTE: 2019/11/22

Yeni Rodríguez Giraldo

Coordinador Técnico del laboratorio de Química Analítica

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
Porcentaje de arena (% A)	g/100 g	Método de Bouyoucos	59.12	
Porcentaje de arcilla (% Ar)	g/100 g	Método de Bouyoucos	20.02	
Porcentaje de limo (% L)	g/100 g	Método de Bouyoucos	20.86	
Clase textural		Método de Bouyoucos	F. Ar-A	
pH (1:2.5)	Unidades de pH	VC-R-004 Versión 03	5.50	Moderadamente ácido
Conductividad eléctrica (CE) (1:5)	dS/m	NTC 5596:2008	0.17	No salino
Materia Orgánica (MO)	g/100g	Walkley & Black	3.12	Bajo
Fósforo (P) Disponible (Bray II)	mg/kg	VC-R-007 Versión 2	11.17	Bajo
Nitrógeno total (NT)	g/100g	Kjeldahl	0.42	
Capacidad Intero Catiónica Efect (CICE)	cmol(+)/kg	Cálculo	4.56	Baja
Acidez (Al+H)	cmol(+)/kg	KCl	ND	No Indica
Aluminio (Al) Intercambiable	cmol(+)/kg	KCl	ND	Sin restricción
Calcio (Ca) disponible	cmol(+)/kg	ID-R-072 Versión 5	3.94	Medio
Magnesio (Mg) Disponible	cmol(+)/kg	ID-R-072 Versión 5	0.38	Bajo

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, NIT: 800194600-3
CENTRO DE INVESTIGACIÓN TIBAITATÁ
KILOMETRO 14 VÍA MOSQUERA (CUNDINAMARCA)
TELÉFONOS: 4227300 EXTENSION: 1369
suelos@agrosavia.co

GA-F-97
Versión: 3

Página 1 de 2

Fecha de aprobación: 2018-10-11

Anexo 1. Análisis físico químico de suelo (Fuente: Agrosavia,2020)

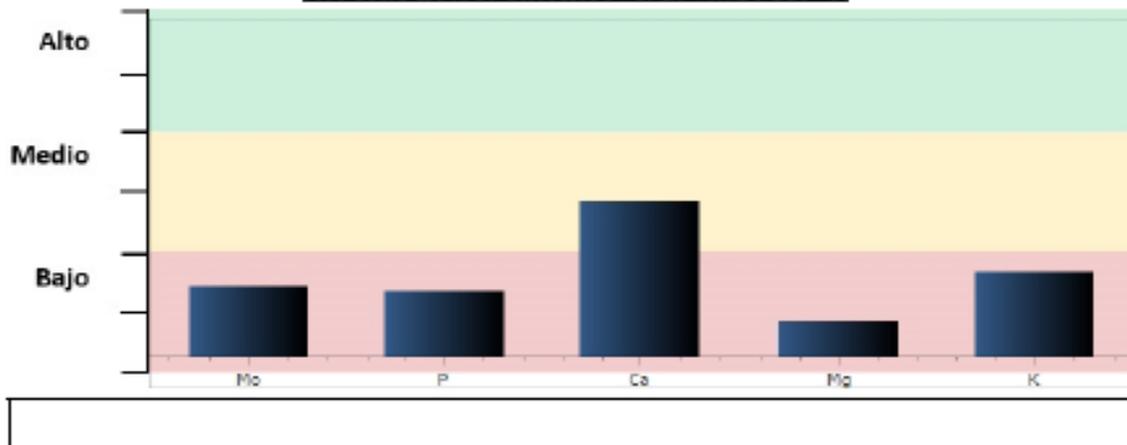
INFORME No. QAS19-000619 ANDRES IVAN PRATO SARMIENTO 2019-11-22



REPORTE DE RESULTADOS LABORATORIO
DE SERVICIOS UNA MUESTRA
GESTIÓN DE LA AGENDA CORPORATIVA

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	UNIDAD	MÉTODO	VALOR	INTERPRETACION
Potasio (K) Disponible	cmol(+)/kg	ID-R-072 Versión 5	0.15	Bajo
Sodio (Na) Disponible	cmol(+)/kg	ID-R-072 Versión 5	<0.14	Normal
		gravimetría		
Saturación de Calcio	%	Cálculo	86	Alto
Saturación de Magnesio	%	Cálculo	8	Bajo
Saturación de Potasio	%	Cálculo	3	Medio
Saturación de Sodio	%	Cálculo	2	Normal
Saturación de Aluminio	%	Cálculo	0	Normal

GRÁFICA INTERPRETATIVA DEL ANÁLISIS DE SUELO



Los resultados son válidos únicamente para la muestra en referencia
Este documento ha sido producido electrónicamente y es válido sin la firma.
Este documento no puede ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorización formal de Agrosavia.
Para peticiones, quejas y solicitudes de Información, comuníquese al correo electrónico atendonalcliente@corpoica.org.co
o a la línea telefónica 018000121515

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, NIT: 800194600-3
CENTRO DE INVESTIGACIÓN TIBAITATÁ
KILOMETRO 14 VÍA MOSQUERA (CUNDINAMARCA)
TELÉFONOS: 4227300 EXTENSION: 1369
suelos@agrosavia.co

GA-F-97

Versión: 3

Página 2 de 2

Fecha de aprobación: 2018-10-11

Anexo 2. Análisis físico químico de suelo (Fuente: Agrosavia,2020)

MEDICIÓN 5 - 230 días desde trasplante (25/04/2020)								
Bloque	Tratamiento fertilización	Planta	Vivo (0 / 1)	Altura planta (cm)	Diámetro tallo (mm)	Número hojas	Sanidad (0 a 4)	
1	T0= ausencia	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
	T1= bajo N-P-K	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
	T2= alto N-P-K	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
2	T0= ausencia	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
	T1= bajo N-P-K	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
	T2= alto N-P-K	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
3	T0= ausencia	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
	T1= bajo N-P-K	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
	T2= alto N-P-K	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
4	T0= ausencia	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
	T1= bajo N-P-K	1						
		2						
		3						
		4						
		5						
	T2= alto N-P-K	1						
		2						
		3						
		4						
		5						

Anexo 3.Matriz de registro de datos en campo, (Fuente: Archivo personal)

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA		
Rad: 7040	Fecha: 04/10/2019	Hora: 11:10:34
ASUNTO: PAMPLONA 4 DE OCTUBRE DE 2019 CON VISTO DE LOS FIRMES Y/O ACORDADOS PARA VICE ASESOR Y FIBRO CON COPIA A COORDINACION DE LABORATORIOS SOLICITUD DE AUTORIZACION PARA DESARROLLAR EL TRABAJO DE GRADO EN		
Anexos:		
Remite: EDGAR EDUARDO CARO FAJARDO		

Pamplona, 4 de octubre de 2019

Señor
RENE VARGAS ORTEGÓN
Vicerrector Administrativo y Financiero
Universidad de Pamplona

Estimado señor Vargas:

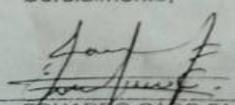
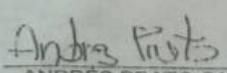
Con motivo de desarrollar el trabajo de grado para obtener el título de ingeniero agrónomo, que lleva como propuesta de título: *"Crecimiento inicial del roble andino (Quercus humboldtii L.) en respuesta a la fertilización de N-P-K durante su establecimiento en Pamplona, Norte de Santander"*, bajo la tutoría del ingeniero agrónomo Andrés Iván Prato Sarmiento, investigador M.Sc en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), amablemente me permito solicitar la autorización para desarrollar dicho trabajo en el lote localizado en las inmediaciones del Centro de Investigación en Sanidad Vegetal y Bioinsumos (CISVEB) de la Universidad de Pamplona. Este lote cuenta con un área de 2.400 m² y coordenadas geográficas (latitud 7°23.4260"N; longitud: 72°39.0160"O y altitud: 2.445 m.s.n.m)

Cabe resaltar que previamente se realizó las consultas pertinentes con el profesor Freddy Solano Ortega (Coordinador de Laboratorios), el señor Oscar Villamizar (Auxiliar del CISVEB) y el profesor Yamit García Carvajal (Director de Departamento de Agronomía), quienes permitieron establecer dicho predio para que no obstaculizara el desarrollo de otros proyectos académicos y de la zona.

Asimismo, se estipula para la ejecución del experimento un periodo de 12 meses a partir del establecimiento en campo de las plántulas (octubre 2019 a octubre 2020); por lo que amablemente solicito en la medida de lo posible que los funcionarios de la zona (el auxiliar Oscar y el vigilante de turno de la piscina) me apoyen sobre la socialización del experimento a la comunidad (estudiantes, profesores, entre otros) y con medidas preventivas para mantenerlo en buenas condiciones, que de igual forma se vienen realizando con los otros cultivos de las diferentes asignaturas en las inmediaciones al lote.

De antemano agradezco por su valiosa colaboración y contribución a los procesos académicos del programa Ingeniería Agronómica.

Cordialmente,

 EDUARDO CARO FAJARDO Estudiante Ingeniería Agronómica	 ANDRÉS PRATO SARMIENTO Director Tesis	 VºBº YAMIT GARCÍA CARVAJAL Director Departamento Agronomía
--	--	---

Con copia: Coordinación de Laboratorios

Anexo 4. Solicitud de terreno en instalaciones de la Universidad de Pamplona, con previa autorización por Vicerrector Administrativo y Financiero, por medio de correo electrónico. (Fuente: Archivo personal).



Anexo 5. (a) Chisa encontrada en su estado larval y (b) diferencia de síntomas presentados por daño de chisa en las plantas de derecha e izquierda y una planta sana con buen desarrollo radicular (Fuente: Archivo personal, 2020).



Anexo 6. Toma de sub-muestras para respectivo análisis de suelo (Fuente: Archivo personal, 2020).



Anexo 7. Altura de planta, desde el cuello hasta la gema apical (Fuente: Archivo personal).



(a)



(b)

Anexo 8. (a) Plántulas de roble andino afectadas por chisa (b) plántulas sanas separadas de las afectadas. (Fuente: Archivo personal,2020).



Anexo 9. Formación de brotes nuevos y gran número de hojas en plantas de roble andino (Fuente: Archivo personal,2020).

Altura de planta (cm)						
Días después de siembra	0	70	120	140	155	175
Ausencia N-P-K	18,80	23,85	25,90	27,94	29,83	33,11
Dosis baja N-P-K	23,85	30,40	29,28	30,56	31,56	33,14
Dosis alta N-P-K	21,95	25,89	25,08	30,17	30,67	

Anexo 10. Datos obtenidos en cuanto a la variable de altura de la planta durante el tiempo que se realizó el ensayo. (Fuente: Archivo personal,2020).

Número de hojas						
Días después de siembra	0	70	120	140	155	175
Ausencia N-P-K	9,20	19,90	29,60	39,33	47,89	67,67
Dosis baja N-P-K	11,40	36,80	28,20	42,67	58,56	63,25
Dosis alta N-P-K	10,00	34,11	26,67	43,00	43,00	

Anexo 11. Datos resultantes del número de hojas promedio obtenido en cada tratamiento por los 175 días. (Fuente: Archivo personal,2020).

Diámetro del tallo (mm)						
Días después de siembra	0	70	120	140	155	175
Ausencia N-P-K	4,43	5,27	5,74	6,51	6,80	7,56
Dosis baja N-P-K	5,36	6,27	6,78	7,24	7,79	7,89
Dosis alta N-P-K	4,77	6,07	6,28	7,53	7,63	

Anexo 12. Datos obtenidos en promedio, en cuanto al diámetro de tallo (Fuente: Archivo personal,2020).

Sobrevivencia (%)						
Días después de siembra	0	70	120	140	155	175
Ausencia N-P-K	100,0	100,0	100,0	90,0	90,0	90,0
Dosis baja N-P-K	100,0	100,0	100,0	90,0	90,0	80,0
Dosis alta N-P-K	100,0	90,0	85,7	42,9	42,9	14,3

Anexo 13. Datos de sobrevivencia de las plantas en cada uno de los tratamientos. (Fuente: Archivo personal,2020).

Sanidad (0 a 4)						
Días después de siembra	0	70	120	140	155	175
Ausencia N-P-K	0,40	0,40	0,60	0,90	0,90	0,90
Dosis baja N-P-K	0,20	0,10	0,20	0,80	0,80	1,30
Dosis alta N-P-K	0,50	0,33	1,29	3,14	3,14	3,43

Anexo 14. Datos de sanidad (0-4) de las plantas en cada uno de los tratamientos. (Fuente: Archivo personal,2020).