

Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Totonicapán

Departamento de Ejercicio Profesional Supervisado

Ingeniería Forestal



Informe final de Tesis:

Capacidad de rebrote de forma asexual del encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) con aplicación de una auxina natural a base de lenteja (*Lenus culinaris*) con tres dosis diferentes bajo condiciones de microtúnel:

Estudio realizado en microtúnel establecido en el Paraje Pacoc del municipio de Totonicapán.

Rebeca Olimpia Canastuj García

Carné 201541053

Asesor (a) de tesis:

Ing. Mayra Patricia Cabrera de Cifuentes

Totonicapán, Guatemala, mayo de 2021.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR EN FUNCIONES:

Dr. Jorge Fernando Orellana Oliva

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO

UNIVERSITARIO DE TOTONICAPÁN:

Nombre	Representante de Facultad o Colegio
M.A. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval	Director
Ing. Erick Rocael de León Guzmán	Secretario del Consejo Directivo
Dr. Julián Alejandro Saquimux Canastuj	Representante Docente de la Facultad de Ciencias Médicas
Dr. Juan Carlos Godínez Rodríguez	Representante Profesional del Colegio de Abogados y Notarios de Guatemala
Srta. Valeska Jimena Contreras Paz	Representante Estudiantil de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Sr. Erwin Esteban Molina Díaz	Representante Estudiantil de la Facultad de Ciencias Económicas

AUTORIDADES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE TOTONICAPÁN

DIRECTOR:

M.A. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval

PLANIFICADOR ACADÉMICO:

Ing. Erick Rocael de León Guzmán

COORDINADOR ACADÉMICO:

Lic. Arnoldo René Castañón Ramírez

COORDINADOR DE LA CARRERA:

Ing. José Antonio Palacios Gil

COORDINADORA DEL DEPS:

Licda. Fabiana Camila Tzul de Alvarado



Ref. D-LMA.-CHAS/ING.FORESTAL/CUNTOTO

Número 003-2021

El Director del Centro Universitario de Totonicapán de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen de aprobación con referencia No. TESIS/No. 04-2021 **COORDINACIÓN ACADÉMICA**, emitido por el Coordinador Académico del Centro Universitario de Totonicapán el Licenciado Arnoldo René Castañón Ramírez, al informe final de tesis presentado por la estudiante universitaria **REBECA OLIMPIA CANASTUJ GARCÍA**, registro académico **No. 201541053**, trabajo titulado **"Capacidad de rebrote de forma asexual del encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) con aplicación de una auxina natural a base de lenteja (*Lenus culinaris*) con tres dosis diferentes bajo condiciones de microtúnel: Estudio realizado en microtúnel establecido en el Paraje Pacoc del municipio de Totonicapán"**, de la Carrera de Ingeniería Forestal, para lo cual esta dirección **AUTORIZA** a impresión de cinco (5) ejemplares del mismo y una (1) copia en digital (CD) del trabajo anteriormente descrito, mismos que deben entregarse a donde corresponde.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑANZA A TODOS"

Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval

Director

Centro Universitario de Totonicapán



C.c. Archivo



**DICTAMEN TESIS/No. 04-2021
COORDINACIÓN ACADÉMICA**

Ing. Carlos Aroche Sandoval
Director
Centro Universitario de Totonicapán

Respetable Ing. Aroche.

Por este medio me dirijo a usted con el propósito de informar que se tuvo a la vista el **dictamen de aprobación** del **INFORME FINAL DE TESIS** de la estudiante **REBECA OLIMPIA CANASTUJ GARCÍA**, registro académico No. **201541053**, titulado "Capacidad de rebrote de forma asexual del encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) con aplicación de una auxina natural a base de lenteja (*Lenus culinaris*) con tres dosis diferentes bajo condiciones de microtúnel: Estudio realizado en microtúnel establecido en el Paraje Pacoc del municipio de Totonicapán", de la Carrera de Ingeniería Forestal, emitido por la Licda. Fabiana Camila Tzul, Coordinadora del Departamento del Ejercicio Profesional Supervisado CUNTOTO, con referencia Oficio No 63-2021 Ref.FCT/c, de fecha 23 de marzo de 2,021, así mismo, se presentó el **dictamen de revisión** de la jefatura de la Biblioteca, con referencia Oficio Ref. No. Tesis/03-2021 de fecha 13 de mayo de 2,021, donde se informa que se ha cumplido con "observaciones en redacción y estilo que deben estar acordes a un trabajo académico de grado exigidas por este Centro Universitario y la Universidad de San Carlos de Guatemala", por lo cual se emite **DICTAMEN FAVORABLE** al trabajo mencionado.

Por lo expuesto se solicita emisión de Dictamen para impresión del Informe final de Tesis de la estudiante **REBECA OLIMPIA CANASTUJ GARCÍA**.

Y para los usos que a la interesada convenga, se extiende, firma y sella el presente a los veintún días del mes de mayo de 2,021.

"D Y ENSEÑAD A TODOS"

Lic. Arnoldo Castañón
Coordinador Académico
Centro Universitario de Totonicapán





Biblioteca
Oficio Ref. No. Tesis/03-2021

Totonicapán, 13 de mayo de 2021

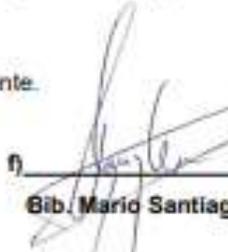
Lic. Arnoldo René Castañón Ramírez
Coordinador Académico
Centro Universitario de Totonicapán

Respetable Licenciado

Por este medio me dirijo a usted con el propósito de informar que se presentó a la jefatura de esta Biblioteca la revisión del informe final de **TESIS** del (la) estudiante: **REBECA OLIMPIA CANASTUJ GARCÍA**, registro académico No. **201541053**, el cual está titulado como: "Capacidad de rebrote de forma asexual del encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) con aplicación de una auxina natural a base de lenteja (*Lenus culinaris*) con tres dosis diferentes bajo condiciones de microtúnel: Estudio realizado en microtúnel establecido en el Paraje Pacoc del municipio de Totonicapán" y el que contara con la asesoría, revisión y aprobación del (la) Ing. Mayra Patricia Cabrera de Cifuentes.

Al mencionado informe se le efectuó observaciones en redacción y estilo que deben de estar acordes a un trabajo académico de grado exigidas por este Centro Universitario y la Universidad de San Carlos de Guatemala, las mismas fueron atendidas por el (la) estudiante, por lo que solicito a usted pueda emitir el **DICTAMEN FAVORABLE** para que éste (a) pueda continuar con las gestiones previas a su graduación.

Sin otro particular muy atentamente.



Bib. Mario Santiago Pérez

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

4ª. Avenida Norte C-48, Zona 1, primer nivel, Palen, Totonicapán.
Teléfono (502) 7766-2545 Correo Electrónico: biblioteca@unuto.usac.edu.gt
Oficina Administrativa: 4 Calle entre 7ª y 8ª avenida, zona 1
Palacio Municipal de Totonicapán, Segundo Nivel
Teléfono: (502) 7766-1853
<http://unuto.usac.edu.gt/>

Dedicatoria a

- Dios** Por ser mi motivo y razón de existencia y brindar la sabiduría, entendimiento para cumplir esta meta la cual es significativa en mi vida y preparación académica.
- Mis padres** Los cuales son mi mayor apoyo espiritual, económico, psicológico y emocional y por cada día ser el ejemplo e impulso para esforzarme en cada paso y proceso de vida.
- Mis hermanas** Quienes en todo momento me brindaron ánimo, consejos y cariño para realizar cada paso sin negarse en ningún momento a ayudarme.
- Mis hermanos** Quienes con sus palabras y actitudes me motivaban a seguir adelante aun cuando la meta se miraba tan lejos siempre mantuvieron sus perspectivas de superación para mi persona.
- Mi esposo** Por apoyarme en todo el proceso de elaboración de tesis y siempre motivarme a salir adelante como profesional.
- Cuñadas** Agradeciéndoles sus palabras alentadoras y motivacionales para continuar estudiando y graduarme.

Agradecimiento

- A Dios por ser misericordioso conmigo y permitirme llegar hasta este momento la cual me invade de felicidad, reconociendo que es el único dador de vida e inteligencia.
- A Mis padres, que con amor y esfuerzo me brindaron hasta el día de hoy los recursos necesarios para prepararme académicamente.
- A Mis hermanas quienes me apoyaron con palabras de ánimo y motivación para seguir luchando y lograr mi meta y sueño.
- A Mis hermanos, ya que estuvieron atentos en cada proceso que realice y me apoyaron de la forma en que pudieron.
- A Ingeniera Mayra Patricia Cabrera por ser una asesora de EPS y Tesis siempre atenta y profesional en cada una de sus asesorías y supervisiones realizadas.
- A Los docentes de la Carrera de Ingeniería Forestal quienes me compartieron sus conocimientos para que en un futuro contribuya al aprendizaje de más personas.
- Al Centro Universitario de Totonicapán de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por ser la casa de estudio que me permitió adquirir en las aulas el conocimiento, y me brindó la dedicación para ser una profesional de bien.

Índice general

Contenido	Pág.
Dictamen de Dirección	2
Dictamen de Planificación Académica.....	3
Dictamen de Biblioteca.....	4
Dedicatoria a.....	8
Agradecimiento	9
Índice general	10
Índice de Tablas	15
Índice de Figuras.....	16
Abstract	19
Ch'utinsanem	20
Introducción	21
Capítulo I.....	23
1.1 Marco contextual.....	23
1.1.1 Historia	23
1.1.2 Ubicación geográfica.....	24
1.1.3 Características físicas y climáticas	24
1.1.4 Zonas de vida del encino en Guatemala	24

	11
1.2 Antecedentes	25
1.3 Marco teórico	37
1.3.1 Descripción de la familia Fagaceae.....	37
1.3.2 Características morfológicas del género Quercus.....	38
1.3.3 La Reproducción asexual	39
1.3.4 Ventajas de la propagación asexual.....	40
1.3.5 Propagación vegetativa	40
1.3.6 Estaca	43
1.3.7 Importancia de propagar por estaca.....	43
1.3.8 Estacas de madera semidura.....	44
1.3.9 Plantas madres fuentes de material para estacas.....	45
1.3.10 Recolección y traslado del material vegetativo.....	48
1.3.11 Hormonas.....	49
1.3.12 Auxinas naturales.....	50
1.3.13 Características principales de las auxinas.....	50
1.3.14 Biosíntesis de las auxinas	51
1.3.15 Transporte de las auxinas.	52
1.3.16 Propiedades de la lenteja	53
1.3.17 Fuente principal de minerales de la lenteja.	54

	12
1.4 Marco legal	54
1.4.1 Constitución Política de la República de Guatemala	55
1.4.2 Decreto 101-96 Ley Forestal	56
Capítulo II	59
2.1 Planteamiento del problema	59
2.2 Objetivos	60
2.2.1 Objetivo general	60
2.2.2 Objetivos específicos	60
2.3 Hipótesis	61
2.3.1 Hipótesis nula	61
2.3.2 Hipótesis alternativa	61
2.4 Variables	61
2.4.1 Variable Independiente	61
2.4.2 Variable Dependiente	61
2.4.3 Operacionalización de variables	62
2.4.4 Definición de variables	64
2.5 Alcances	67
2.5.1 Geográfico	67
2.5.2 Social	67

	13
2.5.3 Temporal	68
2.6 Límites	68
2.6.1 Financieros.....	68
2.6.2 Geográfico.....	68
2.6.3 Social.....	69
2.7 Aportes.....	69
2.7.1 Técnico.....	69
2.7.2 Social.....	69
2.7.3 Profesional	69
Capítulo III	70
3.1 Metodología	70
3.1.1 Enfoque de la investigación.....	70
3.1.2 Tipo de investigación.....	70
3.1.3 Método	71
3.1.4 Técnicas	72
3.1.4.3 <i>Mediciones de parámetros</i>	72
3.1.5 Parte metodológica de campo.....	75
3.1.6 Diseño Experimental	78
3.2 Recursos.....	81

	14
3.2.1 Talento humano	81
3.2.2 Físicos	82
3.2.3 Financiero.....	83
Capítulo IV	87
4.1 Resultados	87
4.1.1 Tiempo de rebrote en cada tratamiento.....	87
4.1.2 Estacas que rebrotaron de cada tratamiento.....	88
4.1.3 Características de los tratamientos con relación a tipo de aplicación, cantidad, longitud, grosor y color de los rebrotes.	93
4.1.4 Relación entre el crecimiento de raíz y brote utilizando auxinas naturales a diferencia de las estacas plantadas sin ningún estimulante.....	110
4.2 Comprobación de hipótesis.....	111
4.2.1 Variables	112
4.2.2 Hipótesis nula aceptada.	113
4.2.3 Hipótesis alternativa rechazada.	114
4.3 Discusión de resultados	115
Conclusiones	117
Recomendaciones	118
Referencias Bibliográficas	119
Glosario	121

	15
Apéndices	124
Apéndice A: Boleta de campo.....	119
Apéndice B: Ficha de registro.....	120
Apéndice C: Longitud de rebrote general.....	123
Apéndice D: Tabulación de datos del tratamiento de 15 ml.....	125
Apéndice E: Tabulación de datos del tratamiento de 10 ml no remojado.....	128
Apéndice F: Tabulación de datos del tratamiento de 10 ml remojado.....	129
Apéndice G: Tabulación de datos del tratamiento de 5 ml no remojado.....	131
Apéndice H: Tabulación de datos del tratamiento de 5 ml remojado.....	133
Apéndice I: Tabulación de datos del testigo.....	135

Índice de Tablas

Tabla 1 Propiedades de la lenteja.....	53
Tabla 2 Operacionalización de variables	62
Tabla 3 Especies que utiliza la población para abastecer el recurso de leña ...	64
Tabla 4 Cantidad de estacas para cada tratamiento.....	76
Tabla 5 Aplicación de auxina en cada tratamiento.....	77
Tabla 6 Tiempo de evaluación de rebrote.....	77
Tabla 7 Análisis financiero de la investigación realizada.	83

	16
Tabla 8 Colores de los rebrotes generales.	109
Tabla 9 Prueba de Anova-Tukey (estacas que rebrotaron)	114
Tabla 10 Boleta de campo	124
Tabla 11 Ficha de registro	126
Tabla 12 Longitud de rebrotes generales.....	129

Índice de Figuras

Figura 1. Diseño experimental	72
Figura 2. Cantidad de estacas con o sin rebrotes en cada tratamiento.	77
Figura 3. Porcentaje de rebrote de tratamientos remojados.	78
Figura 4. Porcentaje de rebrotes en tratamientos no remojados.	78
Figura 5. Porcentaje de rebrotes en aplicación remojado y no remojado.	79
Figura 6. Tipo de aplicación y cantidad de rebrotes del tratamiento de 15 ml.	80
Figura 7. Tipo de aplicación y cantidad de rebrotes del tratamiento de 10 ml.	81
Figura 8. Tipo de aplicación y cantidad de rebrotes en el tratamiento de 5 ml	81
Figura 9. Longitud de rebrote del tratamiento de 15 ml.	82
Figura 10. Longitud de rebrotes del tratamiento de 10 ml.	83
Figura 11. Longitud de rebrotes en el tratamiento de 5 ml.	83
Figura 12. Longitud de rebrotes en el testigo con 0 ml.	84

Figura 13. Longitud de rebrote general de los tratamientos de 15, 10, 5 y 0 ml	85
Figura 14. Grosor de rebrotes en tratamiento de 15 ml.	85
Figura 15. Grosor de rebrotes del tratamiento de 10 ml.	86
Figura 16. Grosor de rebrotes del tratamiento de 5 ml.	87
Figura 17. Grosor de rebrotes en el testigo con 0 ml.	87
Figura 18. Grosor general de los tratamientos de 15, 10,5 y 0 ml.	88
Figura 19. Color de rebrotes en el tratamiento de 15 ml.	89
Figura 20. Color de los rebrotes en tratamiento de 10 ml.	90
Figura 21. Color de rebrotes en el tratamiento de 5 ml.	91
Figura 22. Color de rebrotes del testigo con 0 ml.	92
Figura 23. Colores de los rebrotes de los tratamientos de 15, 10, 5 y 0 ml.	93
Figura 24. Elaboración de microtunel en el paraje Pacoc 1	137
Figura 25. Elaboración de microtunel en el paraje Pacoc 2	138
Figura 26. Preparación de auxina	139
Figura 27. Extracción de estacas	140
Figura 28. Rebrote en estacas de dosis de 10 ml	142
Figura 29. Rebrote en estaca de dosis de 10 ml	

Resumen

Se realizó una investigación evaluando la capacidad de rebrote que tiene la especie de encino *Quercus peduncularis* Luis Née con la aplicación de una auxina natural en tres dosis diferentes a los cuales se les aplicó 5 ml, 10 ml y 15 ml este estudio se ejecutó dentro de un microtúnel en el paraje de Pacoc en los meses de septiembre a noviembre del año 2020. En la metodología se utilizó el enfoque mixto el cual permitió observar y tener características cualitativas las cuales son: el color de los rebrotes, las estacas. Las cuantitativas son: la cantidad de auxina natural, los retoños, el grosor y longitud de los rebrotes. De esta manera también se analizó datos a través del método estadístico y deductivo.

En la implementación de la investigación se llenaron bolsas de polietileno con las medidas de 4 x 8 cm con un sustrato igual al hábitat de la especie a estudiada, y se preparó el microtúnel luego se cortaron las estacas del *Quercus peduncularis* en el lugar donde se identificó los árboles que cumplían con las condiciones adecuadas, los esquejes median de alto 25 cm y de diámetro de 1-4 cm.

Según las dosis de auxina natural usadas se observó que donde se aplicó 10 ml de auxina natural se obtuvo el mayor número de rebrotes, con 16 estacas presentaron una respuesta de forma positiva siendo el 33.3%, seguidamente del método de 5 ml que presentó retoño en 13 que figura un 31.2% de germinación, consecutivamente va el tratamiento de 15 ml que tuvo 11 que rebrotaron el cual representa un 22.9%, y quedando de último el testigo que mostró 8 estaquillas que presentaron rebrote representando éste un 16.7% de floración en el estudio realizado. Por lo que la aplicación de un estimulante en la dosis de 10 ml en estacas de encino *Quercus peduncularis* aunque no con significancia del 80%, serían 25 estacas las que tendrían que brotar en cualquier método aplicado.

Palabras clave: Totonicapán, bosques. Estaca, rebrote. Técnicas forestales. Investigación mixta. Encino *Quercus peduncularis*.

Abstract

An investigation was carried out evaluating the regrowth capacity of the oak *Quercus peduncularis* Luis Née species with the application of a natural auxin in three different doses to which 5 ml, 10 ml and 15 ml were applied. A microtunnel in the Pacoc community from september to november 2020.

In the methodology the mixed approach was used which allowed to observe and have qualitative characteristics which are; the color of the shoots, the stakes. The quantitative ones are; the amount of natural auxin, the suckers, the thickness and length of the sprouts. In this way the data were analyzed through the statistical and deductive method.

During the implementation, polyethylene bags measuring 4 x 8 cm were filled with a substrate equal to the habitat of the species to be studied, and the microtunnel was prepared, then the stakes of *Quercus peduncularis* were cut in the place where the trees had been identified. That met the appropriate conditions, the cuttings were 25 cm high and 1-4 cm in diameter.

According to the doses used, it was observed that where 10 ml of natural auxin was applied, the highest number of regrowths was obtained, since 16 cuttings presented a positive response, being 33.3%, followed by the 5 ml method that presented offspring in 13 that There is a 31.2% germination, consecutively there is the 15 ml treatment that had 11 that re-sprouting which represents 22.9%, and remaining last the control that showed 8 cuttings that presented regrowth representing 16.7% of flowering in the study carried out. Therefore, the application of a stimulant at a dose of 10 ml in *Quercus peduncularis* cuttings, although not with 80% significance, that would be 25 cuttings that would have to sprout in any applied method.

Key words: Totoncapán, forest, stake, regrowth, Forest Technique. Mixed investigation. *Quercus peduncularis*

Ch'utinsanem

Pa oxib' jalajoj chi che upatanixik are k'u la are xya job ko'l etab'al ja nik'aj chik lajuj ko ri etab'al ja ri nik'aj chik jolajuj ko'l etab'al ja chike wa' we ilonik ixb'anik pa ri usukumal kuto' uwi' chupam jun nitz kolib'al ch'uqum pa ri comon re Pacoc pa taq ri ik' ub'elej ulajuj ik' re we junab' 2020.

Pa le chak ub'anik ixkojik ri etamab'al queb' uwech rumal xel uwech ri nab'e' taq che' rachi'l uwech. Uniq'aj chik ri uchomal chil ri unimal ri uwech che' ixq'ilo le xub'ano' pa le chomab'al.

Xb'an jun tzukum eta'bab'al ruk jun pajanik re uchuq'ab' re tu'xar chik kak'y chiloq kub'an pari taq che' b'aqit Quercus peduncularis Luis Noé ruk ri ukojik jun auxina.

Pa le nim ub'anik re uch'ob'ik xcoj keb' uwech okem are k'u rumal xilitajik are k'u la' xuyacheloq' kajilatajik utz rilik jacha' taq upetik le alaj taq che' xek'iychiloq rachi'l ri eche' chikom choqoje loq' kajilatajik are janipa' re auxina , e janipa' taq alaj taq che' xe tuxar chik choqoje ri uchomal choqoje ri urab'arik ri alaj taq che' xe k'asi'k ri are' xe chomaxic ri ub'anik rumal ri nim usuk'umal ajilam k'utwachil ruk' rachi'l esanik xuya' uchomaxik ri kikib'an ri chikom taq alaj ramom che' echikom are xkoj le auxina chike.

Key words: auxina natura'l, kajilatajik. che', tu'xar chik. chè at b'aq'it

Introducción

Guatemala es un país diverso en especies de fauna como: el jaguar, quetzal, pavo de cacho, entre otros. Su territorio posee además microclimas como: bosque montano bajo subtropical y bosque pluvial subtropical, sin embargo, en las últimas décadas ha sufrido tasas de deforestación. Incrementando la pérdida anual de 18,350 mil hectáreas de bosques por lo que representa el 0.5% del territorio nacional. Lo cual provoca fragmentación de los hábitats de plantas, por lo que se realizará la evaluación de la capacidad de rebrote del encino ***Quercus peduncularis*** con la aplicación de una auxina natural con tres dosis diferente e identificar las características de cada tratamiento con respecto al color, cantidad, tamaño y forma que presentan los rebrotes de la especie en mención, también observar el tiempo en que la dosis de (lenteja), requiere para producir brotes, evaluar el porcentaje de todos los métodos y analizar la relación entre el crecimiento de raíz con el retoño de las estacas.

La investigación se realizó con la especie forestal encino (***Quercus peduncularis***, Luis Née), que es una de las principales que abastece el recurso energético utilizado para cocción de alimentos, provocando pérdida y extinción del encino derivado de tala inmoderada en el municipio de Totonicapán y Santa Lucía Utatlán, la población en un 95% utiliza leña como la principal fuente energética por la característica de mantener caliente las cosas. El cual permitirá realizar una experimentación con el objetivo de evaluar la capacidad de rebrote que tiene el ***Quercus peduncularis*** y producir plantas de forma asexual, evitando la dependencia total a las semillas de este árbol. Las mismas tienen características que son recalcitrantes; estas no viven al ser almacenadas por largos periodos de tiempo.

Por consiguiente, el enfoque de la investigación es mixta, conteniendo información cualitativa y cuantitativa se utilizó un diseño experimental y estadístico para calcular los datos numéricos como promedio de los brotes y variable por cada

tratamiento, se realizó observaciones directas controlando las diferencias en los tratamientos.

Este documento contiene cuatro Capítulos en los cuales de manera general se tratan lo siguiente:

El Capítulo I desarrolla el marco contextual, el referencial y el legal que sustentan la investigación que se llevó a cabo; luego se encuentra en el Capítulo II toda la información sobre el por qué para qué, referencia del lugar y como se realizará la experimentación. En el Capítulo III: el tipo de diseño que se utilizará los métodos, donde se analizaron los datos y la estructura de los pasos que se ejecutarán en campo.

En el Capítulo IV se incluyen los resultados obtenidos durante toda la aplicación en la investigación experimental, el análisis de las 3 dosis de auxina natural en las estacas de encino ***Quercus peduncularis***. También se incluye la comprobación de hipótesis, la discusión de resultados, conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas.

Capítulo I

1.1 Marco contextual

La investigación se realizó en el Paraje Pacoc del municipio de Totonicapán en donde se identificó el problema de desaparición por la tala de sus bosques en donde existía el encino *Quercus peduncularis*. Se observó también que en Totonicapán, el encino está desapareciendo y derivado de inconvenientes derivados por pandemia Covid-19 se gestionó un espacio en el Paraje ya mencionado, contando con características de la especie a investigar que es el encino *Quercus peduncularis* Luis Née la cual está en peligro de extinción debido al consumo excesivo del mismo según análisis realizado por Instituto Nacional de Bosques (INAB) con sede en el Departamento de Sololá, por lo tanto se encuentra descrita la presente información en los siguientes párrafos, del lugar de la experimentación.

1.1.1 Historia

El nombre de Totonicapán proviene del náhuatl Atotonilco, totonilco que significa “en el lugar del agua caliente. La antigua Totonicapán, fue la segunda provincia en importancia del señorío Quiché. Fue fundada en las fértiles planicies de Patzac. Se cree que la primitiva población se llamó Otzoyá, que quiere decir lugar de los Pescados, sin embargo, no se ha encontrado testigos de la misma. Después de cierto tiempo dejaron este lugar y se asentaron en el llamado Chuimekená (lugar del agua caliente), que es el nombre con el que aún se le conoce entre los indígenas. Posteriormente se trasladó al lugar donde se encuentra actualmente, muy cerca del antiguo Chuimekená. (Johnson, 2010, pág.30).

1.1.2 Ubicación geográfica

El departamento de Totonicapán se encuentra ubicado en la región suroccidental de la República de Guatemala. Cuenta con una extensión territorial de 1,061 km². Totonicapán colinda al norte con el departamento de Huehuetenango y al sur con Sololá. En cambio, al este limita con Quiché y finalmente, al oeste con el departamento de Quetzaltenango. La cabecera departamental se encuentra a una distancia aproximada de 203 kilómetros de la ciudad capital. (Wikipedia, 2020, Párrafo 2).

1.1.3 Características físicas y climáticas

Totonicapán, se puede encontrar en gran parte de su territorio, rocas volcánicas sin dividir, Predominantemente Mío-Plioceno, incluye tobas, coladas de lava, material laharico, y sedimentos volcánicos, del período terciario. Asimismo, también se encuentra un área del período cuaternario, donde predominan los rellenos y cubiertas gruesas de ceniza y pómez de origen diverso.(Wikipedia, 2020, párrafo 4).

Este departamento posee extensiones frías y solamente en municipios como Santa María Chiquimula y Momostenango tienen pequeños sectores templados. Cabe mencionar que en Totonicapán se forman vientos y neblinas que forman en determinados días, una especie de llovizna que localmente se conoce como "Salud del Pueblo", poseyendo en general un clima agradable y grato. (Koo, 2019, pág. 220).

1.1.4 Zonas de vida del encino en Guatemala

“Guatemala es un país cuyas características fisiográficas y latitudinales proporcionan condiciones para el desarrollo de una serie de microclimas que dan lugar a la existencia de alrededor de 8,900 especies de flora en el país.” (Saquiq, 2009, p. 57).

Sin embargo, en las últimas décadas es la región que ha sufrido en un 33% de deforestación, incrementándose la pérdida y fragmentación de los hábitats, las cuales son de las principales amenazas de la diversidad biológica asociada a los bosques, aunado a la sobre explotación de los recursos y el cambio climático.

En este sentido, los árboles de encinos constituyen una especie invaluable para la flora y fauna de los bosques de Guatemala en los diferentes ecosistemas que se desarrollan en el país, los cuales proporcionan a la sociedad guatemalteca servicios eco sistémicos como la captación de agua, regulación de la temperatura, provisión energética, entre otras funciones importantes como sombra para el ganado y otras funciones necesarias. (Villar & Maraños, 2006, pág. 69).

1.2 Antecedentes

Se tienen investigaciones que permitieron sustentar y evidenciar de manera teórica la importancia del estudio, la relación entre métodos tanto nacionales como internacionales las cuales aportaron para formular de manera clara los objetivos que se deseaban alcanzar.

Cesar Mazariegos en el año 2011 presentó una tesis titulada “Evaluación de tres concentraciones de auxinas (ANA) y cinco de citocinas (BAP) en la propagación in vitro del piñón cultivar cabo verde” del grado para la carrera de licenciatura en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Se determinó la concentración de las auxinas sintéticas (ANA y BAP), analizando cuál es el que produce la mayor cantidad de masas callosas de piñón (*Jatropha curcas L*). Cultivar el cabo verde con fines de producción de manera pronta la especie mencionada.

Las auxinas contribuyen a la elongación celular. Tienen como función biológica la expansión de las células del tallo y coleótilos, es en realidad, una primera hoja modificada de tal modo que forma una caperuza cerrada sobre las hojas siguientes y el meristema apical. A través de promover el

ensanchamiento de las paredes celulares la cual es la estructura y otorga soporte a los tejidos y muchas más partes de la célula, así mismo, fomentan el desarrollo de callos, e inducen la formación de raíces a partir de este. (p. 13 y 14).

En esta investigación se analizó que se utilizaron cinco concentraciones de un estimulante natural y 3 de citocinina son: dosis de ácido naftalenacético ANA (auxina) mg por litro, de las cuales se aplicaron 0.0, 3.0, 5.0, 7.0, 10.0 y agrupaciones de bencilaminopurina BAP (citocinina) mg por litro; 0.0, 0.3, 0.3, 0.5.

El estudio permitirá tener referencias en relación con la experimentación a realizarse sobre el encino *Quercus peduncularis*, ya que en este proceso se obtuvieron resultados de rebrote de los cuales el que mejor funciona es el tratamiento número seis, ANA (AUXINA), mg/L 0.3 y BAP (CITOCINA), mg/L, 0.0, se obtuvo una reacción positiva en comparación del resto de tratamientos en la formación de tallos y desarrollo del mismo alcanzando una media de 2.77 cm. Demostrando que al emplear solo ANA (AUXINA), no es necesario el uso de BAP (CITOCINA), para la creación de brotes en piñón (*Jatropha curcas L.*).

Rubén Granados en el año 2012 realizó una investigación de tesis con el título de “Evaluación de una auxina natural (global organic) en tres concentraciones y tres sustratos en el enraizamiento de esquejes de clavel (*Hibiscus rosa-sinensis*)” de grado para la carrera de licenciatura en la Universidad de San Carlos de Guatemala en el vivero de la península municipal de Guatemala. Guatemala.

Se evaluaron tres concentraciones de “Global Organic” comparada con el Rootex en concentración única, para la propagación asexual de clavel panameño (*Hibiscus rosa-sinensis*) mediante las variables longitud de raíces, número de brotes, comparar el comportamiento de la especie a

investigar en 3 sustratos diferentes; Broza de encino, arena poma y tierra preparada.

Se obtuvieron resultados a través de un análisis de varianza- ANDEVA (ANOVA en inglés). Para la variable número de raíces, los valores obtenidos, según datos proporcionados se determina que con un nivel de confianza del 95% y con un Coeficiente de Variación del 97.06% se rechaza el Ho: por lo cual, en al menos uno de los sustratos en combinación con una de las concentraciones de hormona utilizada, hay diferencias significativas. Produciendo de mejor manera los rebrotes con la aplicación de una auxina (p. 334).

En la investigación se realizó una comparación de la aplicación de un estimulante en tres sustratos diferentes, dando a conocer como conclusión que los estimulantes en conjunto con un sustrato correcto producen un efecto positivo en la producción de brotes por lo que se consideró utilizar los criterios de la tierra preparada el cual se tomará en cuenta en la elaboración del suelo que se usará para la experimentación que se ejecutará y analizará esperando tener un resultado de rebrote del 90% que se tendrán y observan en la evaluación del encino *Quercus peduncularis*.

Carlos Andóna en el año 1994 realizó una tesis de grado titulada “Evaluación del enraizamiento de estacas de especies forestales nativas con potencial para la producción de leña, en zonas altas de Honduras” Universidad de Zamorano. Tegucigalpa Honduras.

Uno de los objetivos fue mejorar los conocimientos sobre especies forestales nativas de altura, con potencial para la producción de leña, identificando las áreas afectadas y obteniendo información sobre la geografía y el suelo de las especies utilizadas con preferencia para leña.

La investigación sustenta que la aplicación de sustancias reguladoras de crecimiento (auxinas) se hace con el fin de aumentar el porcentaje de enraizamiento, acelerar la iniciación de raíces, aumentar el número y calidad de raíces producidas por estaca e incrementar la uniformidad de rebrotes y enraizamiento.

Los distintos productos se pueden encontrar puros o en soluciones líquidas o preparaciones en polvo. La concentración a utilizar va a depender de investigaciones previas a escala de especies y medios (Pág. 21).

La tesis mencionada anteriormente tiene como una conclusión estudiar la posibilidad y analizar las formas en las que se pueden reproducir las especies que son preferentes para obtener energía en el país de Honduras siendo el encino también uno de los que se aprovechan con constancia por lo que se tomará de este estudio el análisis acerca de la aplicación de la auxina considerando la relación que presenten los rebrotes con las raíces. Por lo que es notorio investigar sobre la forma asexual de reproducir esos árboles, ya que se realizará la evaluación de la capacidad de rebrote del ***Quercus peduncularis***.

Yorleny Badilla en el año 2005 realizó una tesis de grado titulada Enraizamiento de estacas de especies forestales” Agroforestal en la facultad de Agronomía, Universidad Tecnológica de Costa Rica. Costa Rica.

El objetivo de esta investigación es tener un manejo y control de producción de las especies forestales siguientes: ***Eucalyptus spp*, *Cupressus lusitanica*, *Alnus acuminata*, *Tectona grandis*, *Hieronyma alchorneoides*, *Ulmus mexicana*, *Gmelina arborea*, *Vochysia guatemalensis* y *Terminalia amazonia*** con aplicación de enraizante.

De las cuales es necesario que mientras se estén cortando las estacas, estas deben permanecer en una sustancia con Kilo (5 cc/litro) con el fin de iniciar su desinfección. Las estaquillas pueden durar desde 2 hasta 30

minutos en esta solución. También es opción sumergirse en una dosis basada en ajo (10 cc/l) durante unos 5 segundos.

El sistema de enraizamiento requiere de aproximadamente 4-5 semanas en el microtúnel y de 1-2 semanas fuera de protección para su aclimatación (***Tectona grandis***, ***Hieronyma alchorneoides***, ***Ulmus mexicana*** y ***Vochysia spp***). Con algunas especies como ***Hieronyma alchorneoides*** y ***Tectona grandis*** es preferible realizar la propagación en dos fases: 3 semanas en bandeja plástica con sustrato arena y 2 -3 semanas en el pellet (tubos), ambos introducidos en el micro invernadero.

En ***Cupressus lusitanica*** y otras coníferas puede tardar hasta 8 semanas el enraizamiento por lo tanto el rebrote también. Todo el proceso se prolonga entonces por 4 semanas (***Ulmus mexicana*** y ***Gmelina arborea***), 5 -6 semanas (***Hieronyma alchorneoides*** y ***Tectona grandis***), 6 -7 semanas (***Vochysia guatemalensis***, ***Terminalia amazona*** y ***Alnus acuminata***) y 8-9 semanas para ciprés común. En pruebas recientes, se ha aumentado la sobrevivencia y enraizamiento al aplicar un estimulante (enraizador) a los 8 y 15 días de sembrada la estaca en el invernadero. (Pàg 5)

En conclusión, el trabajo sustenta el concepto de desinfección y aplicación de la auxina como estimulante a la generación de raíces y de brotes en las estacas que se utilizaron para la elaboración de la investigación, también da referencia del tiempo en que algunas especies forestales rebrotan por lo que se espera el encino ***Quercus peduncularis*** obtenga una reacción similar teniendo los primeros rebrotes a las 6 semanas considerando la teoría que este estudio aplicó.

Luz Giraldo en el año 2005 presentó un estudio titulado “efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelos” Municipio de Dos Quebradas, en el departamento de Risaralda, Ingeniero forestal, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Colombia.

Se evaluó dos sustancias promotoras de enraizamiento en estacas de matarratón (*Gliricidia sepium*), nacedero (*Trichanthera gigantea*) y sauce (*Salix humboldtiana*). La investigación se realizó en el municipio de Dos Quebradas, Risaralda, a una altitud de 1450 m. Los tratamientos consistieron en la aplicación de un enraizador de síntesis (Hormonagro), un enraizador natural (extracto de *Aloe vera*) y un testigo sin aplicación de inductores utilizando metodología cualitativa.

Los cuales dieron los primeros resultados 60 días después de la siembra, no hubo diferencia significativa en los tratamientos, pero sí en los bloques o réplicas.

Esta variación puede deberse a la pérdida de estacas por factores no controlados como el exceso de humedad, la observación externa no permitió notar esta característica la cual se dio por abundancia de aplicación de la auxina a las plantas. El extracto de *Aloe Vera* produjo un efecto vital en el enraizamiento de las tres especies, siendo más notorio sobre *S. humboldtiana*, 60 días después de la concentración. La especie *T. gigantea* no mostró diferencias significativas con respecto a los métodos utilizados como estimulantes.

En cuanto a la tolerancia de las especies al encharcamiento del sustrato de siembra, *S. humboldtiana* presentó mayor aguante mientras que *T. gigantea* demostró los mayores problemas de pudrición. (p.41 y 45)

Durante la ejecución se obtuvieron resultados significativos con la aplicación de un enraizantes natural con especies arbóreas, por lo que se calcula un resultado positivo en las estacas de encino, en la mayoría de la categoría forestal se tienen elementos compatibles esperando un promedio de tiempo entre 40 a 70 días mencionadas en el método realizado con los estimulantes de la raíz por lo que se quiere tener reacciones similares en la espera del enraizamiento y de brote a evaluar en la experimentación sobre la especie arbórea *Quercus peduncularis*.

Miguel Jordá en el año 2006 realizó una investigación sobre los conceptos de “Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas” Para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad de La Serena, publicado en la revista de fisiología vegetal, la serena. Chile.

La tesis permitió fortalecer las teorías sobre la aplicación de las reguladoras de crecimiento: auxina, giberelinas y citocininas de las cuales se tiene información clara con los análisis y conceptos que se dan a conocer en el trabajo mencionado. Las auxinas son un grupo de hormonas vegetales naturales que regulan muchos aspectos del desarrollo y crecimiento de las plantas.

La forma predominante en las plantas es el ácido indolacético (IAA), activo en ensayos y presente comúnmente en concentraciones nanomolares. Otras formas naturales de auxinas son el ácido 4-cloro-indolacético (4-ClIAA), ácido fenilacético (PAA), ácido indol butírico (IBA) y el ácido indol propiónico (IPA, 2009, 49).

Las auxinas se encuentran en todos los tejidos de la planta, una mayor concentración ocurre en las regiones que están en crecimiento activo. La síntesis de IAA ocurre principalmente en meristemos apicales, hojas jóvenes y frutos en desarrollo. Las plántulas de Arabidopsis pueden sintetizar IAA en hojas, cotiledones y raíces, siendo las hojas jóvenes las de mayor capacidad sintética.

Se sabe que las plantas tienen varias rutas para sintetizar IAA, ninguna de estas formas ha sido definida al detalle de conocer cada una de las enzimas e intermediarios. Las plántulas usan dos biosintéticas para producir IAA, una dependiente del triptófano (Trp) y otra independiente de él, siendo la primera la más significativa y de la que se tiene información clara. (p.776).

Existen conceptos que se utilizaron del estudio, porque fortalecieron, permitió ampliar el marco teórico sobre qué es una auxina, su estructura que contiene de manera general el estimulante, saber en qué parte de la estaca se puede aplicar del encino para tener un efecto favorable a la producción de los rebrotes de la especie de *Quercus peduncularis*, donde la teoría es primordial al analizar y sustentar las reacciones que se producen en la investigación y experimentación.

Omar y David & Carlos Silva en el año 2006 presentaron su investigación titulada “Evaluación de la capacidad de rebrote de dos especies arbóreas del bosque seco de nandarola, nandaime, granada” Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.

Se obtuvo el porcentaje de sobrevivencia de los individuos podados de cada especie realizando observaciones cada 6 meses a los 25 individuos que fueron seleccionados para la investigación utilizando una metodología estructurada, partiendo desde la importancia de las especies que se analizaron.

Los brotes que proceden de las coronas radicales de los tocones representan el tipo más fundamental de regeneración vegetativa. Estos vástagos se desarrollan casi invariablemente a partir de yemas durmientes que se formaron originalmente en el tallo principal de la plántula y crecieron hacia fuera con el cambium, pero no llegaron previamente a desarrollarse dando ramas.

El número de rebrotes que puede manejarse depende de la especie, de la densidad del bosque y del diámetro del tocón, no obstante, es muy poca la información que existe a este respecto. (p.36)

El tratamiento más adecuado en cuanto a la producción de leña, es el número tres (3 ejes/árbol) pues en este método se obtiene un mayor volumen de biomasa, esta información se utilizará para considerar el número de rebrotes que

se dejaron en la estaca al momento de desarrollarse y fortalecer el marco teórico que sustentará la investigación relacionada con la capacidad de rebrote del encino *Quercus peduncularis* con aplicación de una auxina natural, a la vez brindará técnicas de manejo en los brotes que se generen al momento de aplicar la lenteja como el estimulante.

José Delgadillo de León en el año 2013 presentó la tesis de grado “Desarrollo de técnicas para el cultivo y propagación In Vitro de especies de encino *Quercus spp* nativas de Aguas calientes” en la Universidad Autónoma de Aguas Calientes. Aguas calientes México.

El objetivo fue establecer condiciones para el enraizamiento de los brotes generados a partir de yemas de encino cultivadas in vitro, utilizando una metodología estructurada partiendo de la información existente de la familia de *Quercus spp*.

Se realizaron investigaciones sobre la propagación de especies de encino por el tipo de semilla que la especie contiene el cual es recalcitrante; significa que este no puede ser almacenado porque la viabilidad a la producción es mínima.

Se efectuaron varias recolecciones de diferentes especies que se encuentran en Aguascalientes, se trabajó con brotes de yemas para la obtención de nuevas plantas utilizando químicos para la desinfección, prosiguiendo a la aplicación de un estimulante de crecimiento llamado AIB durante 5 días obteniendo como resultado a la aclimatación y sobrevivencia en un 80% de las plantas. (p. 45).

Se obtuvo un resultado del 80% de sobrevivencia en el rebrote, por lo que esta investigación servirá proporcionando información sobre la aplicación del estimulante, la forma en la que se puede reproducir la especie de encino *Quercus peduncularis*; dejando de ser dependientes de las semillas que son una fuente

común de reproducción, e innovando la manera de propagación asexual y la abundancia en especies que se encuentran en peligro de extinción por demanda para leña, postes y madera.

Frank Aponte en el año 2009 en su investigación titulada “Efecto de 2 auxinas, ácido indol acético (AIA), y ácido naftalen acético (ANA), en la propagación por micro estacas de guazuma crinita, mart (*Bolaina blanca*)” en la Universidad de Colere Copuim Hominem el Agrum Perú. (p. 6 y 14).

Se evaluó el efecto de Ácido Indol Acético, Ácido Naftaleno Acético, y un tratamiento testigo (medio MS sin auxinas), en la propagación por micro estacas de Guazuma crinita, Mart (*Bolaina blanca*), utilizando una metodología estructurada comenzando con contar con información de la especie a la que se investigara.

Actualmente se reconocen cinco tipos de sistemas químicos reguladores del crecimiento vegetal (Leopol y Kriedmann, citados por Hurtado) dividido en tres grupos principales: Promotores del crecimiento: auxinas, citocininas y giberelinas. Inhibidores del crecimiento: ácido abscísico. Acelerador de la maduración: Etileno. (p. 98)

Se obtienen resultados a los 60 días después de la aplicación en la formación de callos, hojas y raíces por lo que existen características importantes de las auxinas y la importancia de producir plantas de manera asexual dentro del apartado que realizó el Sr. Frank Petter permitiendo complementar el marco teórico con conceptos claros de propagación de una especie a través de micro estacas, contribuyendo a la investigación sobre la capacidad de rebrote del *Quercus peduncularis* con utilización de una auxina natural (Lenteja).

Remigio Lligüín en el año 2015 en su tesis de grado titulada “uso de auxinas a tres tiempos para enraizamiento de estacas de mora de castilla sin espinas

(*Rubus glaucos benth*)” Para el título de ingeniero agrónomo de la Facultad de Ciencias Agrícola, Universidad Central del Ecuador, Quito Ecuador.

La tesis determinó el tipo de hormona que influye para el tiempo de enraizamiento de estacas de mora de castilla sin espinas utilizando como metodología estructurada con respecto a estudios previos de la especie a utilizar en la investigación.

En dicho trabajo se notaron variables en los rebrotes que se tuvieron a los 30 y 60 días de los cuales se tuvo un resultado promedio de 1.36 con aplicación de hormona ANA a los 5 minutos y una cantidad promedio de 1.45 con aplicación de hormona ANA a los 10 minutos lo cual permite tener información de que mientras más tiempo se aplique la hormona estimulante se obtendrán más brotes.

Para la aplicación de la hormona se sumergió la base del material vegetal en la dilución de hormona ANA o IBA de acuerdo con los tiempos planteados en el diseño del experimento (5,10 y 15 minutos respectivamente). De inmediato se van plantando en el sustrato las estacas sin brote, arreglándose por tratamientos y repeticiones de acuerdo con la distribución al azar del experimento sobre una mesa previamente instalada (p. 145).

Se obtuvo resultados de 1.45 en promedio de rebrotes por lo que se tuvo una conclusión que mientras la dosis y la duración sea el necesario se tendrán reacciones buenas, la información será un ejemplo para la aplicación de auxina en tiempo antes de ser plantadas en el sustrato que se utilizará y se evaluará el brote, en los tratamientos de 5 y 10 minutos existieron brotes al igual que raíces de las estacas lo que servirá en consideración a la existencia de las mismas en la experimentación dando cabida a las raíces previas a los rebrotes del encino ***Quercus peduncularis*.**

Mónica Jordán en el año 2015 presentó una investigación con el título de “Obtención de plantas madre de *Vasconcellea x helbornii* (Badillo) Badillo a partir de estacas en condiciones semi controladas” publicada en la Revista de Tecnología vegetal de la Universidad del Ecuador, Ecuador.

La investigación tuvo el objetivo de establecer un banco de plantas donadoras del híbrido babaco, a partir de estacas, bajo condiciones semi controladas utilizando un método estructurado para la obtención de las estacas, el corte previo a la aplicación de productos controlables a patógenos y otros insectos, permitiendo la producción de raíces y brotes.

Se señaló que con el empleo de estacas en esta especie se alcanzó un buen sistema radicular a los 60 a 90 días después plantadas, aunque en el presente trabajo esto se logró en solo seis semanas (42 días), lo cual puede ser debido a las condiciones de cultivo empleadas (50% de sombra, sustrato adecuado, protección fitosanitaria) y el origen del material vegetal de partida en la obtención de los palos. En general, el estado nutricional de la planta madre es vital para el enraizamiento de las estaquillas.

Varios investigadores han correlacionado positivamente los niveles de carbohidratos en las estacas con su capacidad en iniciar primarios radicales, reconociendo que una adecuada reserva de hidratos de carbono, en combinación con una relación a los elementos de C y N alto, favorece el crecimiento.

La aplicación de la solución del bío estimulante logró inducir mayor formación de nuevos brotes axilares de babaco. Las evaluaciones realizadas a las seis semanas de plantadas las secciones de tallo tratadas con el producto, formaron un promedio de 5.82 retoños por explante con diferencia significativa respecto a las no manipuladas. En el caso específico de babaco no existen informes en la literatura nacional e internacional al respecto, por lo que los resultados se comparan con (*Carica papaya L.*).

En este sentido, refirieron análisis similares, al aplicar una mezcla de reguladores del crecimiento (6-bencilaminopurina – ácido giberélico) en el área foliar en plantas de la misma especie, pero en condiciones de campo (p. 39).

Se nota que en diferentes plantas al aplicar una auxina o estimulante se obtiene resultados buenos de rebrote tal es el caso de las especies de; babaco que obtuvo un 5.82% en el promedio permitiendo utilizar la investigación mencionada para las condiciones de cultivo empleadas son (50% de sombra, sustrato adecuado, protección fitosanitaria).

Se considerará que los árboles leñosos tienen una reacción favorable cuando se toma de la parte apical, en la especie que se utilizó se extrajeron en réplicas de 2-4 años los cuales se tomarán en consideración en la extracción de las estacas de encino *Quercus peduncularis*.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Descripción de la familia Fagaceae

La familia Fagaceae cuenta con alrededor de 1000 especies distribuidas en nueve géneros. Del cual el *Quercus peduncularis* pertenece al reino plantae, división; magnoliophyta, clase; magnoliopsida, orden; fagales, y género Quercus, Nixon y Crepet, *Formanodendron (Camus)* Nixon y Crepet, es considerada una de las más importantes ecológica y económicamente en el Hemisferio norte Según los registros fósiles, esta familia data del Paleoceno tardío al Eoceno temprano en donde tuvo una rápida diversificación, principalmente de Quercus, la cual se extendió hasta el Oligoceno tardío. El cambio climático hacia temperaturas más frías durante el Oligoceno y Mioceno causó la expansión de la taza tanto por distribución ancestral como por vicarianza causando la colonización de la familia en todo el hemisferio norte (Mazariegos 2001, p. 12)

Se estima que hay más de 500 especies en el mundo alrededor de 220 especies para el nuevo mundo reconoce 46 especies en Centroamérica, la mayoría de estos se encuentran en Guatemala (25), pero muchos otros encinos de Guatemala, Fase III 7 especies crecen hacia el sur en Costa Rica y Panamá. Sin embargo, esta información puede variar debido a que existen trabajos en proceso como la Flora Mesoamericana, y el inicio en la actualización de este género en Guatemala (Quezada, 2017, p. 93)

“A pesar de la disminución del número de especies en esta región es poco predecible estimar los patrones de distribución debido a su historia evolutiva porque la mayoría son endémicas de esta región.” (Nixon, 2006; Rodríguez-Correa et al, 2015, 2017) (p. 48).

Con relación a los patrones de fenología existen dos grupos dentro de estas especies, las especies distribuidas en los bosques montanos, que generalmente crecen arriba de los 1,500 msnm y las especies tropicales las cuales se distribuyen debajo de los 1,500 msnm. A pesar de que Centroamérica no presenta una alta diversidad del género, compartiendo la mayoría de especies con México (Valencia-A, 2004), esto no disminuye la importancia ecológica del género, pues siguen siendo componentes estructurales de los bosques de esta región (Nixon, 2006, pàg 88).

1.3.2 Características morfológicas del género *Quercus*

Los encinos son arbustos, árboles medianos o grandes; la corteza puede ser lisa cuando son jóvenes, pero cuando maduran llegan a ser escamosa o agrietada. Sus hojas están alternadas sobre las ramas, casi siempre con pecíolos evidentes, las hojas pueden tener un margen liso, con dientes, aristas o algunas veces pueden presentar hendiduras. Pueden ser de follaje permanente o caducifolio. Estas especies se clasifican en dos secciones propuestas por Nixon (2006): sección Lobatae (encinos rojos) y sección *Quercus sp.* (encinos blancos). Las flores masculinas no tienen pétalos y presentan únicamente estambres, se

disponen en amentos, que son inflorescencias colgantes compuestas por flores unisexuales, cada una de las flores va a presentar de cuatro a diez estambres.

Las flores femeninas aparecen aisladas, nacen en amentos reducidos, presentan tres estigmas y están rodeadas por una estructura de escamas sobrepuestas que al madurar será la cúpula. El fruto es una bellota y la semilla se encuentra encerrada en una nuez. Dado que la determinación de las especies se realiza utilizando caracteres foliares poseen taxonomía complicada.

Además, presentan una alta variación inter e intra específica, así Quezada, et al. 8 como una alta hibridación, presentando características intermedias entre las formas parentales, lo que dificulta su identificación.

De la misma manera, se conoce poco sobre aspectos particulares de su distribución como el tipo de hábitat, suelo, clima, entre otros por lo que es necesario llevar a cabo estudios exhaustivos, así como una revisión del género y nomenclatura (Zavala & Chávez, 2000) (p.89).

1.3.3 La Reproducción asexual

La reproducción asexual es una forma de reproducción de un ser vivo ya desarrollado en la cual a partir de una célula o un grupo de células, se desarrolla por procesos mitóticos un individuo completo, genéticamente idéntico al primero. Se lleva a cabo con un solo progenitor y sin la intervención de los núcleos de las células sexuales o gametos. (Jordano, 2019, p. 9)

Los organismos celulares más simples se reproducen por un proceso conocido como fisión o escisión, en el que la célula madre se fragmenta en dos o más células hijas, perdiendo su identidad original.

La división celular que da lugar a la proliferación de las células que constituyen los tejidos, órganos y sistemas de los organismos pluricelulares no se considera una reproducción, aunque es casi idéntica al proceso de escisión binaria.

1.3.4 Ventajas de la propagación asexual

Calzada, (1980) afirma que:

En las especies que se propagan por estacas, se obtienen las siguientes ventajas: Plantaciones uniformes genéticamente, conservación de la variedad de plantas que se propaga, precocidad para las cosechas, el mejoramiento genético rápido y eficaz, multiplicación de plantas en un espacio y tiempo limitado, menor costo, mayor rapidez y sencillez en la obtención de plantas (p. 73).

En trabajos realizados con pinos (*Pinus sp.*), IPEF (2008), menciona que:

Esta tecnología permite obtener clones con resultados cada vez mejores, principalmente en relación con el grado de producción de madera por hectárea. Se ha demostrado que la productividad de un árbol clonado llega a ser hasta 60% superior a los árboles obtenidos por propagación sexual (p. 33).

1.3.5 Propagación vegetativa

La propagación vegetativa se define como la multiplicación de una planta a partir de una célula, un tejido, un órgano (raíces, tallos, ramas, hojas) Esto es posible, debido a que las células vegetales conservan la capacidad de regenerar la estructura entera de la planta; esta capacidad se debe a factores como la totipotencia, es decir, que cada célula vegetal viviente contiene en su núcleo, la información genética necesaria para reconstituir todas las partes de la planta y sus funciones, a través de reproducción somática basada exclusivamente en mitosis; y la de diferenciación o capacidad de las células maduras de volver a una

condición meristemática y desarrollar un punto de crecimiento nuevo (Hartmann y Rojas, 2004, p. 73)

1.3.5.1 Acodo rastrero

Franco y Giraldo (1998) manifiestan que:

Se realiza en plantas de tallos largos, para lo cual se escogen ramas de buenas características, se tiende en el suelo sin arrancar de la planta madre, se tapa con tierra cada 25 cm y se sostiene con estacas. De la sección de la rama tapada con tierra nacen raíces, y a los tres meses están listas las nuevas plantas. Esta rama debe tener una longitud de 1.5 a 2.5 metros. De una rama se pueden obtener de tres a cuatro acodos e igual número de plantas. Después de 30 a 40 días estos acodos se separan de la planta madre y se mantienen por 15 a 30 días más, para que se encuentren listos para el trasplante definitivo. Con este método se pueden obtener de tres a cinco plantas por rama (p.77-79)

1.3.5.2 Acodo de punta

Franco y Giraldo (1998), menciona que:

El sistema de acodamiento, consiste en provocar la formación de raíces a un tallo unido aún a la planta madre. El primer paso es seleccionar una rama vegetativa (delgada); puede ser un tallo que proviene de la base de la planta, vigorosa, tierna, con hojas terminales juntas y cuyo diámetro sea mayor al de un lápiz. Este procedimiento se realiza enterrando su extremo, de 5 a 7 centímetros, dentro de una bolsa con tierra, teniendo cuidado de mantenerla con buena humedad, después de 30 o 40 días, las raíces ya deben haber aparecido y se han generado de dos a tres pares de hojas pequeñas en el acodo, en este momento se debe cortar la nueva planta entre 30 y 50 centímetros desde la base, dependiendo de la distancia a la cual se trasplantará (p. 66)

Mesen (1998) indica que:

En la propagación vegetativa de especies forestales las estacas de 3 a 6 cm son apropiadas con diámetros de 3 a 6 mm, dentro de este rango las estacas más gruesas son preferibles, normalmente los entrenudos son suficientemente largos para permitir estacas con la longitud recomendada. Se deben evitar estacas de menos de 3 cm de longitud (p. 13-15)

“Está probado que el enraizamiento aumenta con pH de 6.5 - 7.0, e incrementos del porcentaje de calcio y en un medio de enraizamiento”. (Longman,2001, p. 38).

Edad de la planta madre: el factor joven es uno de los aspectos más relevantes para el éxito del enraizamiento de estacas. En muchas especies forestales es la edad ontogénica o fisiológica y no la edad cronológica, de las estacas que es la más importante para el éxito del enraizamiento (Hartmann et al., 1997).

“Esto se efectúa en distintas fases tales como juvenil y adulta, separadas por una fase de transición”. (Hartmann & Kester, p. 27)

En casi todas las especies forestales se han enraizado con éxito estacas tomadas de plantas procedentes de semilla de 1-2 años de edad las estacas obtenidas de árboles jóvenes arraigan más fácilmente que las obtenidas de árboles viejos. Un serio inconveniente según es que las características deseables no se muestran hasta después que la planta ha alcanzado la madurez, por lo tanto, es conveniente realizar prácticas que induzcan a rejuvenecerlas (p. 37)

En el caso de propagación vegetativa en especies arbóreas, la edad conveniente de la planta madre para la obtención de los brotes es la juvenil, que es cuando arraigan con mayor facilidad, una de las técnicas utilizadas con estos fines es el de seto vivo.

1.3.6 Estaca

La estaca es una porción separada de la planta, provista de yemas caulinares y hojas, e inducida a formar raíces y brotes a través de manipulaciones químicas, mecánicas y/o ambientales la estaca una vez enraizada se llama barbado indica que, en una acepción más amplia, se denominan estacas: a raíces, hojas, fracciones de hojas utilizadas como tales; con la finalidad de obtener nuevas plantas.

Crecimiento de rebrote: es el proceso biológico en que un organismo aumenta su tamaño y masa durante el transcurso del tiempo. Un incremento de rebrote: es la magnitud del crecimiento total de un organismo en un determinado periodo de tiempo” (CATIE, 2001) (p. 3 y 17).

1.3.7 Importancia de propagar por estaca.

Actualmente, se debe primero analizar la demanda del mercado y entonces seleccionar y desarrollar cultivares utilizando adecuadas técnicas de propagación para producir plantas.

Las estacas, son aún el medio más importante para propagar arbustos ornamentales, florales, en ciertos frutales, en algunas hortalizas y en especies forestales.

Generalmente la propagación vegetativa (asexual) es más costosa (por unidad de propágulo) que la propagación sexual o por semilla botánica, donde el costo de producción de propagar vegetativamente puede requerir cultivos de protección (estructuras cubiertas de vidrio o polietileno), estructuras de enraizamiento de calor en fondo y sistemas intermitentes de nebulización; sin embargo, la superioridad de la clonación justifica producir con elevados costos que están asociados con los procesos mencionados (Hartmann, 1997, p. 47 y 87)

Para las especies que pueden ser fácilmente propagadas por estaca, este método tiene numerosas ventajas: muchas plantas nuevas pueden ser iniciadas en un espacio limitado de unas pocas plantas madres. Además, es barato comparado con otros métodos asexuales, es rápido y simple y no requiere técnicas especiales necesarias en el injerto y micropropagación. No existen problemas de compatibilidad con patrones o de uniones deficientes de injerto. La planta madre usualmente es reproducida exactamente sin cambios genéticos.

1.3.8 Estacas de madera semidura

Generalmente, estas estacas son obtenidas de especies leñosas, siempre verdes y de hoja ancha, enraízan más fácilmente que las anteriores, pero demoran más que las herbáceas; es conveniente cosecharlos justo después de que ha habido un período de crecimiento y la madera es prácticamente madura. Muchos arbustos ornamentales y algunas especies de frutales como los cítricos y el olivo pueden propagarse de esta forma su uso es frecuente en floricultura, un ejemplo es el rosal.

Las estacas de madera semidura deberán ser de 7.5 a 15 cm de longitud reteniendo las hojas en la parte superior, si las hojas son muy grandes deben reducirse para disminuir la pérdida de agua y permitir menor espaciamiento en las camas de cultivo; es más frecuente que usen las puntas de las ramas para hacer estacas, pero las partes basales del tallo también enraízan; en cuanto al corte basal, se realiza este, debajo de un nudo; comercialmente se les hace enraizar bajo aspersiones de niebla intermitentes o en climas fríos y húmedos (Hartmann y Kester, 1995, pàg 72).

“Tal como se ha visto, la madera de este tipo de estaca es semi lignificada y por ello requieren de equipos e instalaciones especiales para lograr enraizamiento; generalmente en frutales es usual emplear este material”. (Ibid p. 40).

1.3.9 Plantas madres fuentes de material para estacas

Selección de los árboles donantes: la selección de árboles debe basarse en características de importancia económica. En frutales, deben ser altamente productivos, productividad que se debe mantener en forma continua y poseer características de resistencia y adaptabilidad; es importante elegir plantas que además de sus cualidades estéticas, posean una buena aptitud para el enraizamiento (Boutherin y Bron, 1994, pág 57)

Para una especie maderable típica, un árbol sobresaliente será aquel dominante o codominante, de fuste recto sin bifurcaciones, de ramas delgadas y horizontales libre de enfermedades y plagas.

La selección depende del objetivo final de la plantación; así en una especie para leña no interesa el fuste, pero si el vigor y la producción de ejes múltiples. Estas son las principales limitaciones prácticas, ya que estas características se expresan a edades adultas cuando el árbol ya ha perdido la condición de juvenilidad.

Asimismo, Mesen (1998) indica que:

“No se puede hablar de una edad absoluta, para la selección de los árboles, ya que esta podría variar también con la especie, el objetivo de la plantación y la disponibilidad de material”. (p. 45)

“En silvicultura clonal interesa generar árboles de crecimiento ototrópico normal, similares al árbol que le dio origen”. (Ibid p. 47).

Los árboles seleccionados deben marcarse con pintura claramente y geo referenciarlas con ayuda de GPS no existe un número ideal de árboles seleccionados, lo importante es terminar con al menos 15 clones con fines operacionales (Soudre et al. 2008). Entre 7 a 30 clones como lo indica Libby (1981) citado por Zobel y Talbert (1988). En general, cuanto más intenso sean los

trastornos fisiológicos que deban enfrentar una determinada especie o procedencia, mayor es el número de clones que deben utilizarse.

Además de la selección de plantas por su valor económico, es importante considerar otros aspectos como: plantas que se encuentran amenazadas en su estado natural; propagar especies que sabemos se van a desarrollar bajo condiciones ambientales particulares, para ello, se debe contar con la mayor variabilidad posible de una especie, es decir, contar con clones que provengan de distintas procedencias y que representen la zona en estudio; selección de individuos de alta productividad y de buena calidad del fruto y la capacidad de rebrote y arraigue dentro de la especie.

Corte de las estacas: las estacas, deben prepararse en un lugar fresco, cómodo y donde exista abundante sombra, se debe tener listo todos los materiales a usar para evitar que el proceso de preparación sea lento, ya que es importante evitar la desecación de los brotes. Los cortes se efectúan por debajo de un nudo o yema, los mismos que deben ser netos sin producir rajaduras; los cortes pueden ser de tipo bisel simple según la posición de la yema, la misma que puede estar en la base o en el ápice del bisel; en doble bisel y el recto (Cuculiza, 1956, p. 48); si el corte es en bisel, las raíces aparecen comúnmente en la zona más baja, sin embargo, en general, se obtiene una mayor uniformidad en la formación de raíces con el corte recto.

“En ciertas especies como por ejemplo el higo (*Ficus carica*) se realiza en la parte apical un corte transversal inclinado, para evitar la formación de un microclima que favorezca la propagación de hongos y bacterias”. (Flores y Jiménez 2007 p. 220).

En especies frutales, las estacas leñosas, semileñosas o suaves, se preparan de ramas con hojas adultas sanas y sin flores y cuyas yemas se observen claramente. En especies forestales, las estacas deben ser extraídas de brotes ortotrópicos, sanos y vigorosos de 30 a 50 cm de

longitud; el entrenudo terminal se elimina, ya que este es propenso al marchitamiento, igualmente los entrenudos basales que estén demasiados lignificados. El corte es recto y se obtiene por cada brote en promedio de 6 a 10 estaquillas y se realiza con tijeras de podar previamente desinfectadas. Es apropiado cortar justo encima de un nudo de modo que cada estaca juvenil conste de una sección de entrenudo, una hoja y al menos una yema (Mesen, 1998, p.71).

La longitud de la estaca juvenil puede variar de 4 a 8 cm, con diámetros de 3-8 mm y no es necesario dejar un nudo en la base de la estaca. Asimismo, recomienda utilizar estacas de longitud superior a 4 cm, para evitar que la hoja quede en contacto permanente con el sustrato y pueda favorecer la pudrición de la hoja. Es importante seleccionar estacas que presenten características como buen vigor, sin enfermedades, ni anomalías en su desarrollo, Asimismo, se debe mantener la identificación de todas las estacas.

Envases: se utilizan los envases comunes de vivero como son las bolsas negras de polietileno, sin embargo, también es posible utilizar contenedores especiales que permitan una mejor utilización del área y un óptimo desarrollo radicular.

Repique: para esta actividad se utilizan las estacas enraizadas extraídas de la cámara (es preferible que tengan al menos tres raíces) y se colocan directamente en los envases. Esta operación se realiza llenando con el sustrato la mitad del envase, luego se coloca la estaca en el centro del recipiente y se completa el llenado; con este procedimiento de trasplante se evita dañar las raíces y asimismo que queden "bolsas" de aire que pudran las raíces. Selección de rebrotes: se debe comenzar por observar cuáles son los rebrotes de mayor vigor, mejor forma, rectitud y desarrollo. Lo recomendable es identificar el o los rebrotes dominantes, es decir, aquello que se destacan del resto por su desarrollo en altura.

Raleo de rebrotes: este tratamiento consiste en cortar los ejes (rebrotos) menos vigorosos para favorecer los más desarrollados y que presentan mejores características fenotípicas. Normalmente se recomienda su aplicación para la producción de leña, postes y carbón. Es considerada una buena opción para bosques secundarios de zona seca que presentan un alto porcentaje de especies que poseen la facultad de reproducirse fácilmente por brotes o renuevos.

Deshierbo: las malezas compiten con las plantas madre por los nutrientes del suelo, agua y luz. Además, estas plantas indeseables sirven de hospederas a insectos y patógenos dañinos a las plantas cultivables, Por tanto, para un eficiente desarrollo de las plantas del jardín clonal se tiene que realizar el control integrado de malezas y en el momento oportuno. (p. 56.)

1.3.10 Recolección y traslado del material vegetativo.

Hartmann en (1997) menciona que:

Para la recolección del material apropiado para estaca existen varias fuentes: De plantas que crecen en paisajes, parques, alrededores de casa, edificios y en estado silvestre. Agrega que, en el caso de árboles adultos en el bosque, el método más eficaz es talar el árbol y cosechar posteriormente los brotes.

Riego: es necesario para incentivar el crecimiento de los brotes y se pueda lograr más cantidad de estacas, el riego se efectúa dependiendo de la estación. En estación seca los riegos pueden ser diarios o interdiarios, también es posible utilizar sistemas de riego por goteo. Es importante contar con una fuente de agua cerca al jardín. Se recomienda la cosecha de brotes sobre plantas madre turgentes.

Iluminación: es un factor que está muy ligado a los requerimientos propios de la especie, algunas de ellas requieren estar al aire libre, es decir, a plena luz, para producir buen enraizamiento, como el caso de cedro y caoba; así como especies que necesitan pasar por un proceso de sombreado antes de cortar los brotes (

Soudre 2010 p. 21). Para el sombreado se utiliza una malla negra tipo sarán o Rashell o materiales alternativos de la zona como hojas de palmera. Las irradiancias superiores al punto de compensación lumínico pueden inhibir o retrasar el enraizamiento, promoverlo o no afectar.

“La planta madre necesita recibir un nivel mínimo de irradiación para su crecimiento, pero el óptimo para un enraizamiento posterior favorable”. (López, 2005, p. 332).

Tipos de sustratos usados comúnmente: hay diferentes tipos de sustratos de enraizamiento que se usan a nivel mundial, entre ellos el suelo con características propias de la especie, la arena de río, musgo turboso, musgo esofágico desmenuzado, vermiculita, perlita, piedra pómez, bloques de material sintético, tecnopor e inclusive el agua.

Sin embargo, sí se busca simplicidad y economía es indispensable usar sustratos de bajo costo y fácil adquisición, tales como arena, grava y aserrín, si bien los sustratos como vermiculita, perlita y turba, son medios efectivos para el enraizamiento de estacas, los costos pueden resultar prohibitivos para los proyectos de desarrollo rural.

Se encuentran diferencias sustanciales entre especies en su capacidad de enraizamiento en diferentes sustratos; la razón de las preferencias requiere ser más investigada y probablemente estén relacionados con la composición relativa (sólidos, agua y aire) de los sustratos el cual presentan variaciones considerables.

1.3.11 Hormonas

Actualmente se reconocen cinco tipos de sistemas químicos de reguladores del crecimiento vegetal (Leopol y Kriedmann, 1975, citados por Hurtado. 1994) dividido en tres grupos principales: Promotores del crecimiento: auxinas, citocininas y giberelinas. Inhibidores del crecimiento: ácido abscísico. Acelerador de la maduración: Etileno.

1.3.12 Auxinas naturales

Las auxinas naturales son la primera hormona que se descubrió en las plantas intervienen en actividades de la planta como el crecimiento del tallo, la formación de raíces, la inhibición de las yemas laterales, la abscisión de las hojas y frutos y en la activación de las células del cambium estas sustancias se sintetizan en el ápice caulinar y son transportados basipetalmente desde el ápice a las partes inferiores de la planta (Taíz y Zeiger, 2006 p. 76).

1.3.13 Características principales de las auxinas.

Una característica sorprendente de la auxina es la fuerte polaridad exhibida en su transporte a través de la planta. La auxina es transportada por medio de un mecanismo dependiente de energía, alejándose en forma basipétala desde el punto apical de la planta hacia su base. Este flujo de auxina reprime el desarrollo de brotes axilares laterales a lo largo del tallo, manteniendo de esta forma la dominancia apical.

La auxina ha sido implicada en la regulación de un número de procesos fisiológicos.

- ✓ Promueve el crecimiento y diferenciación celular, y por lo tanto en el crecimiento longitudinal de la planta.
- ✓ Estimulan el crecimiento y maduración de frutas.
- ✓ Floración.
- ✓ Geotropismo.

La auxina se dirige a la zona oscura de la planta, produciendo que las células de esa zona crezcan más que las correspondientes células que se encuentran en la zona clara de la planta.

- ✓ Esto produce una curvatura de la punta de la planta hacia la luz, movimiento que se conoce como fototropismo.
- ✓ Retardan la caída de hojas, flores y frutos jóvenes.
- ✓ Dominancia apical.

Existen varias auxinas llamadas “naturales”; que incluyen el Ácido Indol Acético. También se utiliza ampliamente un buen número de sustancias que provocan un efecto fisiológico similar y que se han producido sintéticamente; son las llamadas “Auxinas sintéticas”; entre las cuales el 2, 4-diclorofenoxiacético, el ANA y el AIB se encuentran ampliamente disponibles y se utilizan comúnmente. También existen muchos compuestos que son derivados de los ácidos fenilacéticos o fenoxiacéticos.

1.3.14 Biosíntesis de las auxinas

Lucas 2002 indica que:

Existe información suficiente para demostrar que el AIA se sintetiza a partir de triptófano. Esta transformación pueden llevarla a cabo microorganismos e incluso se puede producir una conversión oxidativa libre.

Las vías de síntesis del AIA (ácido indol acético) se basan en la evidencia obtenida a partir de la presencia de intermediarios y su actividad biológica y el aislamiento de enzimas capaces de convertir in vivo estos intermediarios en ácido indol acético.

Queda por definir en qué órgano o tejido se lleva a cabo la biosíntesis de las auxinas en condiciones naturales. Aunque se han realizado diversos estudios

sobre la distribución de la auxina en la planta, hay que hacer notar que lo que se mide en un momento dado es el balance entre síntesis, metabolismo y transporte, tanto de entrada como de salida.

El hecho de que un órgano sea capaz de sintetizar AIA a partir de triptófano solo dice que ese sistema dispone de la maquinaria necesaria para realizarlas en las condiciones del experimento. Mediante distintas líneas de evidencia se ha podido llegar a sugerir cuáles son los órganos o tejidos más probables en llevar a cabo la síntesis de AIA en la planta.

1.3.15 Transporte de las auxinas.

Lucas 2002, indica que:

Una hormona se caracteriza por moverse en el organismo vegetal desde un punto de síntesis hasta su lugar de acción. A pesar de algunas objeciones, está claro que existe un movimiento de las auxinas a través del organismo; este desplazamiento de un lugar a otro se denomina transporte de la auxina, aunque los mecanismos que participan en este proceso no sean totalmente conocidos.

Menciona también que la peculiaridad más notable del transporte auxínico es que se realiza de forma polar, es decir, en un segmento de tallo irá siempre en dirección basipétala, en un segmento de raíz irá en dirección acropétala (se desplazaría hacia el ápice de la raíz). En plantas intactas, la dirección del movimiento depende de la zona de aplicación de la hormona, y se desplaza desde el lugar de aplicación (fuente) hasta el lugar de consumo (sumidero).

Así, si se aplica una auxina en hojas adultas, irá a donde vayan los productos de la fotosíntesis que esa hoja exporta a través del floema. Existen trabajos que apoyan la presencia de auxinas en la corriente transpiratoria del Xilema.

1.3.16 Propiedades de la lenteja.

Tabla 1 Propiedades de la lenteja

Tabla Nutricional

Datos	Cantidad
Valor nutricional	108 g
Calorías	230
Saturación de Grasas	0
Colesterol	0%

Sodio		4 mg
Carbohidratos		48 mg
Azúcar		4 mg
Proteínas		18 g
Calcio		4%
Vitamina C		5%
Hierro		37%

Fuente: Agroindustrias Albays, S.A, año 2020.

1.3.17 Fuente Principal de Minerales de la Lenteja.

Otro de sus puntos fuertes es su riqueza en minerales. Una sola ración (80 g en crudo) cubre un alto porcentaje de las necesidades diarias de los más significativos, como hierro, potasio, calcio, magnesio, fósforo, cinc y selenio.

- Hierro: una ración aporta más de un tercio del que se necesita al día.
- Potasio: se halla en la lenteja en alta concentración (810 mg/100 g).
- Calcio: se encuentra en proporción moderada, pero en equilibrio con el fósforo y el magnesio.
- Fósforo: una ración aporta el 40% de la cantidad diaria recomendada.
- Magnesio: con una ración de lentejas se obtiene el 20% del que se requiere al día.
- Cinc: una ración cubre el 17% de las necesidades diarias.
- Selenio: es un gran antioxidante, estimula la inmunidad y la glándula tiroides.

La lenteja es un grano por lo que se utiliza el mismo aprovechando los minerales y cada una de las propiedades que esta posee de las cuales se encuentran descritas anteriormente.

1.4 Marco legal

El marco legal es importante en la investigación que se realizó para sustentar de manera legal lo necesario que es cumplir con diferentes reglamentos y leyes, las cuales obligan y exigen la generación de alternativas e investigaciones que beneficien a los recursos naturales y al ser humano.

1.4.1 La Constitución Política de la República de Guatemala promulgada el 1 de mayo de 1985 Decreto No. 2-85 es la ley suprema de la República de Guatemala, en la cual se rige todo el Estado y sus demás leyes

Por lo que, entre sus artículos son relacionados con el tema de investigación son las siguientes:

1.4.1.1 Artículo 80.- Promoción de la ciencia y la tecnología lo cual indica que:

El Estado reconoce y promueve la ciencia y la tecnología como bases fundamentales del desarrollo nacional. La ley normará lo pertinente.

1.4.1.2 Artículo 97.- Medio ambiente y equilibrio ecológico:

El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

1.4.1.3 Artículo 119.- Obligaciones del Estado. Son obligaciones fundamentales del Estado en las partes:

a. Promover el desarrollo económico de la Nación, estimulando la iniciativa en actividades agrícolas, pecuarias, industriales, turísticas y de otra naturaleza;

b. Adoptar las medidas que sean necesarias para la conservación, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales en forma eficiente.

La experimentación que se realizará con respecto a la evaluación de la capacidad de rebrote del encino *Quercus peduncularis* utilizará la ciencia y la tecnología promoviendo el desarrollo al área forestal y también se sustenta que no se debe permitir el aprovechamiento irracional de una especie, para que esta no se extinga, se hace constar que el estado está obligado a promover y aportar en las actividades relacionadas con los recursos naturales tal es el caso de la especie con la que se realizará la experimentación por lo que es necesario que se ejecuten investigaciones que beneficien económicamente sin correr el riesgo de que el recurso desaparezca por lo que se sustenta la necesidad de realizar pruebas con estimulantes y enraizantes que permitan la disponibilidad de los recursos consumidos.

1.4.2 Ley Forestal Decreto 101-96 creado en 1996: es el conjunto de leyes en las cuales se declara que es:

De urgencia nacional y de interés social la reforestación y la conservación de los bosques de Guatemala, para lo cual se propiciará el desarrollo forestal y su manejo sostenible, de acuerdo al Decreto 101-96 del Congreso de la República de Guatemala en donde los siguientes artículos que son mencionados tienen relación y amparan la investigación que se realizará.

La ley forestal es irrevocable y hace constar que es de urgencia nacional la conservación de los recursos permitiendo la ejecución de la investigación con una especie de suma importancia para la flora y fauna de los bosques del municipio de Totonicapán, aportando una nueva alternativa de producción de plantas de la especie *Quercus peduncularis*.

1.4.2.1 Artículo 1.- Objeto de la ley:

c) Incrementar la productividad de los bosques existentes, sometiéndose a manejo racional y sostenido de acuerdo a su potencial biológico y

económico, fomentando el uso de sistemas y equipos industriales que logren el mayor valor agregado a los productos forestales;

Se desea incrementar la disponibilidad del encino *Quercus peduncularis* a través de la evaluación de la capacidad que tiene el encino para rebrotar siendo esta una forma de reproducción asexual con la utilización de estacas por lo que este artículo es utilizado para la argumentación esencial para la investigación a realizarse.

d) Apoyar, promover e incentivar la inversión pública y privada en actividades forestales para que se incremente la producción, comercialización, diversificación, industrialización y conservación de los recursos forestales;

Toda institución está obligada a colaborar y apoyar cualquier proceso de investigación que tenga relación con la producción de especies forestales por lo que se requerirá de aportes e insumos de instituciones gubernamentales y no gubernamentales para llevar a cabo el estudio.

e) Conservar los ecosistemas forestales del país, a través del desarrollo de programas y estrategias que promuevan el cumplimiento de la legislación respectiva; y

Se utilizará una estrategia diferente para la producción y conservación de la especie *Quercus peduncularis* la cual beneficia a los ecosistemas del país Guatemala y específicamente del departamento de Totonicapán y municipio de Totonicapán.

f) Propiciar el mejoramiento del nivel de vida de las comunidades al aumentar la provisión de bienes y servicios provenientes del bosque para satisfacer las necesidades de leña, vivienda, infraestructura rural y alimentos.

Las personas obtienen un ingreso económico que utilizan como sustento por lo que se decidió realizar la forma de reproducción asexual en la investigación con el

objetivo de producir plantas de encino *Quercus peduncularis* y exista disponibilidad para el consumo de las personas reduciendo el riesgo de la extinción de la misma.

1.4.2.3 Artículo 6.- Atribuciones en sus incisos c y g mencionan lo siguiente:

- c. Impulsar la investigación para la resolución de problemas de desarrollo forestal a través de programas ejecutados por universidades y otros entes de investigación;

En el municipio de Tonicapán se está dando el problema de la extinción de plantas por el uso excesivo y la falta de interés en recuperar la biodiversidad de la flora y fauna que existía en los bosques del municipio por lo que se decidió evaluar la capacidad que tiene el encino para rebrotar y propagarse, ya que es uno de las especies que se encuentra en peligro de extinción.

- g. Incentivar y fortalecer las carreras técnicas y profesionales en materia forestal.

Se darán a conocer y se fortalecerá las carreras relacionadas con el ambiente y la administración que tienen que tener cada recurso para evitar la pérdida, descomposición y desastres en los elementos que conforman el suelo, agua y los aires.

Capítulo II

2.1 Planteamiento del problema

La cabecera departamental de Totonicapán se encuentra a una distancia de 203 kilómetros aproximadamente de la ciudad capital y es uno de los 22 departamentos de Guatemala contando este con una población de 506,537 habitantes. Por lo que la sobrepoblación ha producido demanda del bosque con fines energéticos, sin embargo los árboles son esenciales y necesarios por ser un recurso natural que proporcionar los siguientes servicios; captación de agua, protección al suelo, cobertura forestal, entre otros en Totonicapán se utilizan la leña como la fuente energética principal dándole una utilidad para la cocción de alimentos, tanto en el casco urbano y en el área rural, por lo que se ha notado la extinción paulatina de la especie ***Quercus peduncularis*** en las áreas boscosas debido al deterioro que se produce originado por el consumismo que existe del encino en sus bosques, sin importar la edad que tienen las plantas, estas son cortadas para satisfacer las necesidades energéticas y económicas, ya que se elabora chamarasca (leña menuda y hojarasca que al arder levantan mucha llama de poca duración) y se comercializa.

La extracción de árboles de encino (***Quercus peduncularis* Luis Née**) causan alteración en el ecosistema de los bosques provocando pérdida de flora, fauna y permitiendo riesgos de erosiones en el suelo por lo que se realizará una investigación como alternativa de reproducción asexual de la especie mencionada anteriormente, no existen estudios similares al que se va a realizar.

La tala en la especie de encino que son preferentes para leña y carbón provocan la pérdida de la funcionalidad de los ecosistemas provocando que la categoría forestal como el ***Quercus peduncularis*, Luis Née** esté en peligro de extinción, lo que conlleva a un deterioro y desequilibrio en el medio ambiente y la escasez de la fuente energética de la población.

De esta manera, surgen las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son las características de tiempo, color, tamaño y forma de rebrote de cada tratamiento?
- ¿Cuál es la capacidad de rebrote del encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) con auxina natural con tres dosis de 0, 5, 10 y 15 ml de auxina natural?
- ¿Existe una relación entre el crecimiento de raíz y rebrote utilizando auxinas naturales a diferencia de las estacas plantadas sin ningún estimulante?

2.2 Objetivos

2.2.1 Objetivo general

- Evaluar la capacidad de rebrote de forma asexual del encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) con una auxina natural (lenteja *Lens culinaris*) con aplicación de tres dosis diferentes bajo condiciones de microtúnel.

2.2.2 Objetivos específicos

- Determinar las características de rebrote de cada tratamiento con respecto al tiempo, color, cantidad, tamaño y forma que presenta cada rebrote de la especie de *Quercus peduncularis* utilizando auxina natural (lenteja *Lens culinaris*).
- Evaluar el porcentaje de rebrote de cada tratamiento utilizando una auxina natural.
- Analizar la relación entre el crecimiento de raíz con el rebrote de las estacas de cada tratamiento 5, 10 y 15 ml con la auxina natural y testigo sin auxina natural.

2.3 Hipótesis

2.3.1 Hipótesis nula

- La capacidad de rebrote de la especie encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) no será de un 80%, porcentaje basado en la revista (“Anales de ciencias naturales” Bonfil Consuelo 1998 pág. 125.), por lo menos en uno de los tres tratamientos con diferentes aplicaciones de una auxina natural a un nivel de significancia del 5%.

2.3.2 Hipótesis alternativa

- La capacidad de rebrote de la especie encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) será de un 80% porcentaje basado en la revista (“Anales de ciencias naturales” Bonfil Consuelo 1998 pág. 125.), al menos en uno de los tres tratamientos aplicados de auxina natural (lenteja *Lens culinaris*), a un nivel de significancia del 5%.

2.4 Variables

2.4.1 Variable Independiente

- Auxina natural de (lenteja *Lens culinaris*).
- Dosis de auxina natural.

2.4.2 Variable Dependiente

- De Rebrote de estacas de *Quercus peduncularis*
- Grosor de rebrote.
- Longitud de rebrote: Capacidad
- Color de rebrotes
- Número de raíces por estaca.

2.4.3 Operacionalización de variables

Tabla 2 Operacionalización de variables

Variable	Indicador	Sub-indicador	Unidad de Medida	Instrumento técnico	Instrumento de Campo
Independiente					
Auxina Natural	Estimulante natural.	5, 10 y 15 mililitros	mililitros	Boleta de campo	Jeringa Regla Lapicero Tabla Shannon.
Dependiente					
Capacidad de rebrote de las estacas de <i>Quercus peduncularis</i>.	Los Tratamientos	Rebotes	Tiempo Cantidad Color	Boleta de campo	Lapicero Tabla Shannon Cámara
Color de rebotes.	Las Estacas de <i>Quercus peduncularis</i>	Características de las hojas.	Color (café, verde, rojo o blanco).	Boleta de campo	Cámara Lapicero

Variable	Indicador	Sub-indicador	Unidad de Medida	Instrumento técnico	Instrumento de Campo
			Cantidad.		Tabla Shannon.
Longitud de rebrote	Existencia de rebrotes	Cantidad de rebrotes	milímetros	Boleta de campo	Regla Lapicero Tabla Shannon Cámara
Grosor de rebrote	Cantidad de rebrotes	Diámetro de rebrote	milímetros	Ficha de registro.	Lapicero Tabla Shannon Regla
Número de raíces por estaca.	Existencia de raíz en las estacas.	Tiempo en el que las estacas generaron raíz.	Número de estacas que tienen rebrote y raíz.	Boleta de campo	Lapicero Tabla Shannon Cámara

Fuente: elaboración propia durante la elaboración de plan de investigación, 1 de diciembre del 2019

Tabla 3 Especies que utiliza la población para abastecer el recurso de leña

Espece	Familia	Nombre Común
<i>Quercus peduncularis</i> Née	<i>Fagaceae</i>	<i>Encino</i>
<i>Quercus trichodonta</i> Trel	<i>Fagaceae</i>	<i>Encino</i>
<i>Chletra macropylla</i> Martens	<i>Chletraceae</i>	<i>Álamo</i>
<i>Pinus sp.</i> Linneo	<i>Pinaceae</i>	<i>Pino</i>
<i>Quercus robur</i> Linneo	<i>Fagaceae</i>	<i>Roble</i>
<i>Calyptrapthes hondurensis</i> Sw	<i>Hyrtaceae</i>	<i>Arrayan</i>

Fuente: elaboración propia recolectada durante observaciones directas en la comunidad 6 de noviembre del 2019.

2.4.4 Definición de variables

2.4.4.1 Variable Independiente

Auxina: fue la primera hormona que se descubrió en las plantas que intervienen en actividades de la planta como el crecimiento del tallo, la formación de raíces, la inhibición de las yemas laterales, la abscisión de las hojas y frutos y en la activación de las células del cambium, estas sustancias se sintetizan en el ápice caulinar y son transportados basipetalmente desde el ápice a las partes inferiores de la planta.

Por lo que la auxina se abordará en la investigación como el estimulante en las estacas para que este brote y pueda generar inicialmente plántulas y luego convertirse en plantas que se lleven a campo y se evite a través de ello la extinción de la especie a investigar.

Auxina concepto operacionalizado: la auxina es la que se aplicará a las estacas de encino para estimular el crecimiento en los tejidos y yemas laterales para el rebrote de las estacas.

Natural: es lo formado desde el origen sin tener intervención humana en su proceso de desarrollo.

Natural concepto operacionalizado: se le llama natural a lo que no tiene ninguna intervención química, física y mecánica para estructurarse.

Estaca: una estaca es un fragmento de tallo con yemas (o esqueje) de consistencia leñosa que se separa de un árbol o de un arbusto y se introduce en el suelo o en un sustrato para que arraigue en él y forme una nueva planta.

Estaca concepto operacionalizado: son las ramas o fragmentos de los árboles que se utilizarán para realizar la experimentación de la investigación relacionada con la capacidad que tienen estas para rebrotar.

Quercus peduncularis: es una especie arbórea de la familia de las fagáceas. Está clasificada en la sección Quercus, que son los robles blancos de Europa, Asia y América del Norte. Tienen los estilos cortos; las bellotas maduran en 6 meses y tienen un sabor dulce y ligeramente amargo, el interior de la bellota tiene pelo. Las hojas carecen de una mayoría de cerdas en sus lóbulos, que suelen ser redondeados.

***Quercus peduncularis* concepto operacionalizado:** es una especie que se encuentra en peligro de extinción y será utilizada para realizar una investigación de cómo reproducirla de forma asexual con aplicación de una auxina natural.

2.4.4.2 Variable Dependiente

Rebrote: se define como la multiplicación de una planta a partir de una célula o un tejido, un órgano (raíces, tallos, ramas, hojas).

Rebrote concepto operacionalizado: es la cantidad de tallos que crecen en una estaca.

Sobrevivencia de rebrote: esto es posible, debido a que las células vegetales conservan la capacidad de regenerar la estructura entera de la planta; Esta capacidad se debe a factores como la totipotencia, es decir, que cada célula vegetal viviente contiene en su núcleo, la información genética necesaria para reconstituir todas las partes de la planta y sus funciones, a través de reproducción somática basada exclusivamente en mitosis; y la de diferenciación o capacidad de las células maduras de volver a una condición meristemática y desarrollar un punto de crecimiento nuevo.

Sobrevivencia de rebrote concepto operacionalizado: es la cantidad de brotes que tienen la capacidad de sobrevivir después de formarse en una estaca o planta.

Hoja: es el órgano vegetativo y generalmente aplanado de las plantas vasculares, especializado principalmente para realizar la fotosíntesis. La morfología y la anatomía de los tallos y de las hojas están estrechamente relacionadas y, en conjunto, ambos órganos constituyen el vástago de la planta.

Hoja concepto operacionalizado: en la experimentación a través de la existencia de hojas se notará que la estaca rebrotó y se contarán cuántas posee cada estaca.

Longitud: la longitud es un concepto métrico definible para entidades geométricas sobre las que se ha definido una distancia. Más concretamente, dado un segmento, curva o línea fina, se puede definir su longitud a partir de la noción de distancia.

Longitud concepto operacionalizado: a través de esta medida se notará la diferencia de que rebrote es más frondoso y a que tratamiento pertenece.

Raíz: es el primer órgano embrionario que se desarrolla durante la germinación de la semilla; se distingue primero con una porción poco diferenciada que constituye la radícula, está al desarrollarse llega a constituir la raíz primaria con su tejido de protección en la punta denominado cofia o caliptra.

Raíz concepto operacionalizado: se observará si existe raíz en las estacas y la influencia para que se dé el rebrote.

2.5 Alcances

2.5.1 Geográfico

La investigación beneficia directamente a la población del municipio de Totonicapán por presentar una manera asexual de reproducción del encino *Quercus peduncularis* que se encuentra en peligro de extinción, el cual es utilizado principalmente como leña para la generación de energía y carbón por lo que se espera pueda replicarse la forma de producción utilizada, en otros departamentos a nivel nacional e internacional en donde exista la especie. De esta manera se evita la desaparición de esta especie leñosa y se promueva la recuperación y protección de los bosques con especies nativas.

2.5.2 Social

Se desarrolló información técnica sobre la propagación por estacas de (*Quercus peduncularis* Luis Née) a través de la producción de forma asexual de esta especie en peligro de extinción y servirá para que se produzcan plantas de encino y las personas

puedan implementar esta especie en los bosques del municipio de Totonicapán evitando su desaparición.

2.5.3 Temporal

Se realizó la investigación con procedimientos planificados, ejecutados y analizados durante un tiempo de 18 meses de octubre 2019 a marzo 2021 para presentar resultados técnicos importantes y necesarios. Considerando que el estudio seguirá persistiendo mientras la especie no se extinga.

2.6 Límites

2.6.1 Financieros

El estudio tendrá un impacto económico, siendo el precio de las semillas de encino tiene un costo elevado de 350 quetzales por libra (Castañeda. 2008). Por lo que no cuentan con plantas suficientes de esta especie, para evitar la extinción de la misma en toda el área boscosa del municipio y así aumentar la cobertura forestal con fines energéticos, realizando como alternativa la propagación asexual a través de la investigación de la capacidad de rebrote del encino (***Quercus peduncularis* Luis Née**) con aplicación de una auxina natural.

2.6.2 Geográfico

La investigación se realizó en un microtúnel implementado en el paraje de Pacoc del municipio de Totonicapán permitiendo replicar la producción de plantas de encino con la aplicación de una auxina natural de una forma asexual a través de los rebrotes de estacas de la especie de ***Quercus peduncularis*** en todos los lugares que cumplan con las características similares al hábitat de la misma.

2.6.3 Social

La especie de encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) es una planta que ha existido durante generaciones sin embargo existe carencia en la información registrada sobre las formas en las que se puede reproducir este tipo de árboles a pesar de que es una especie explotada como preferencia para leña y carbón.

2.7 Aportes

2.7.1 Técnico

Se brindará de forma sistematizada una alternativa de reproducción de la especie (*Quercus peduncularis* Luis Née) con aplicación de diferentes dosis de una auxina para aumentar la disponibilidad de la especie en las áreas forestales del municipio de Totonicapán y de los bosques de Guatemala en donde puedan crecer plantas forestales de encino.

2.7.2 Social

La investigación permitirá la producción de forma asexual de la especie de (*Quercus peduncularis* Luis Née) promoviendo la protección y conservación de los bosques del municipio por lo que las personas podrán contar con la disponibilidad de una especie energética para reforestar y aprovechar los árboles sin tener el peligro de que esta desaparezca de la flora del municipio de Totonicapán.

2.7.3 Profesional

El aporte profesional se realizará brindando información técnica con soporte para que la experimentación pueda ser replicada en los lugares que se requiera y sea necesario, aportando una alternativa de producción de forma asexual.

Capítulo III

3.1 Metodología

3.1.1 Enfoque de la investigación

Mixto: consiste en la integración de los enfoques cuantitativo y cualitativo, a partir de los elementos que integran la investigación.

También se tiene un alto grado de integración o combinación entre los enfoques cuantitativo y cualitativo. Se combinan en todo el proceso o al menos en la mayoría de sus etapas. Requiere de un manejo completo de los dos enfoques.

Se utilizó el enfoque mixto en la investigación porque se analizarán datos cuantitativos como la capacidad en porcentaje de rebrote en cada tratamiento y análisis sistemáticos a obtener de las estacas. Por otra parte, se utilizarán perspectivas cualitativas como color, tamaño, tiempo y forma lo que permite que la investigación a realizarse llegue a ser esencial.

3.1.2 Tipo de investigación

Investigación Experimental: es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipuló deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. Se utilizará este tipo de investigación para evaluar variables como tiempo, color, rebrote y cantidad de auxina aplicada a estacas de encino (*Quercus peduncularis* Luis Née).

Investigación Descriptiva: es una técnica estadística que permite la observación de reacciones que se pueden dar dentro de un estudio. Por lo que este tipo de investigación se utilizará para observar el color, forma, tiempo en el que dure en rebrotar cada uno de los tratamientos.

Se utilizó la investigación descriptiva en la investigación sobre la evaluación de la capacidad de rebrote del encino (*Quercus peduncularis* Luis Née), se observó la reacción que las estacas tendrán para rebrotar con la aplicación de una auxina como estimulante natural.

3.1.3 Método

Método estadístico: dentro de la investigación cuantitativa asume el método estadístico como proceso de obtención, representación, simplificación, análisis, interpretación y proyección de las características, variables o valores numéricos del estudio o del proyecto para una mejor comprensión de la realidad y una optimización en la toma de decisiones.

Se utilizó métodos estadísticos para calcular el porcentaje de rebrote que cada tratamiento tendrá, también se empleó la desviación estándar es la medida de dispersión más común, que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor fue la dispersión de los datos. Para identificar qué tratamiento es el de mejor resultado.

Método deductivo: ya que los datos se obtendrán mediante la implementación de tratamientos, establecidos en el microtúnel es decir que se generalizaron los datos recolectados y analizados de las observaciones y mediciones realizadas.

Se realizó un análisis de manera representativa a lo que se puede producir dentro del vivero, ya que la experimentación será realizada con 120 estacas para luego generalizar y estructurar de manera deductiva los resultados que se obtendrán por su color, tamaño, tiempo y forma.

3.1.4 Técnicas

3.1.4.1 Consulta bibliográfica

Se recopiló información mediante la consulta y revisión de documentos físicos y digitales tales como libros, tesis, artículos científicos folletos, páginas web para recopilar y complementar la información necesaria que permita desarrollar las características del proceso de obtención del proceso y darle un soporte técnico a la investigación de la capacidad de rebrote del encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) con una auxina natural con tres dosis diferentes.

3.1.4.2 Observación dirigida

Se utilizó ficha de registro para las observaciones para la recolección de estacas de encino que se utilizarán para realizar el estudio de la capacidad de rebrote del encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) y la observación de los tratamientos en área donde se encuentren establecidos con la finalidad de obtener datos relevantes de estudio.

Se utilizó la observación dirigida para identificar la forma, color y sobrevivencia de las estacas y los rebrotes que lleguen a existir en cada tratamiento con diferentes dosis de auxina de la especie (*Quercus peduncularis* Luis Née).

3.1.4.3 Mediciones de parámetros

Consistió en la medición del tiempo y cantidad de rebrote, los diámetros, alturas y porcentaje de sobrevivencia del rebrote, dicha medición se llevó a cabo mediante técnicas adecuadas e instrumentos específicos, la medición se realizará en cada una de las áreas de estudio y en donde se establecerán los tratamientos a estudiar.

3.1.4.4 Análisis de datos

Se analizó los datos recolectados en campo a través del programa IBM-SPSS (Statistics) con la finalidad de interpretar y generar la información relacionada con la evaluación de capacidad de rebrote del encino con una auxina natural con tres dosis diferentes, el análisis se realizó de manera ordenada, clasificada y categorizada a través de la medición, conteo y observaciones de la reacción de cada tratamiento establecido.

Se procedió a realizar análisis de varianza (ANDEVA) del modelo estadístico que se utilizó para la investigación, que es el de arreglo en parcelas de 500 metros cuadrados divididas y distribuidas en bloques al azar. Al momento de realizar los análisis se observaron las diferencias significativas entre los tratamientos y que el coeficiente de variación esté dentro del rango adecuado, luego se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para verificar cuál de los tratamientos presenta el mejor resultado (Reyes, 1978).

Instrumentos que fueron utilizados para registrar los datos de las variables que se recabaron:

- Libreta de apuntes
- Fotografía
- Boleta de campo

3.1.4.5 Muestreo en tratamientos

Se realizó un muestreo sistemático probabilístico a las 120 estacas utilizando 30 estacas para cada tratamiento y 30 de testigo, estas se colocaron en un área de 2 metros cuadrados dentro de un microtúnel en el Paraje de Pacoc.

Se utilizó el 80% para estimar la capacidad de rebrote que se iba a obtener en el estudio nombrado capacidad de rebrote de forma asexual del encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) con aplicación de una auxina natural a base de lenteja (*Lenus culinaris*) con tres dosis diferentes bajo condiciones de microtúnel. Teniendo como base la capacidad de germinación del 50 a 93 % según la revista ("Anales de ciencias naturales" Bonfil Consuelo 1998 pág. 125.), la especie de *Quercus rugurosa*. Presentando una tendencia a que el porcentaje aumente con el peso de la semilla.

Sin embargo, se utilizó el porcentaje de 80% en la especie *Quercus peduncularis* tomando como referencia la capacidad que tienen los encinos, ya que se esperaba que en un tratamiento hubiera 25 estacas de rebrote para aprobar la hipótesis alternativa.

3.1.4.6 Tipo de muestreo para seleccionar las estacas

Se realizó un muestreo completamente aleatorio (DCA), es también conocido como One Way ANOVA. Es un diseño muy útil para condiciones en que las unidades experimentales presentan homogeneidad relativa y para ensayos en campo en que las unidades experimentales no necesitan agrupamiento o bloqueo en particular, lo que permite colocar completamente al azar a los tratamientos en cada una de las unidades experimentales; no impone restricciones a las unidades experimentales. (Pedro, 2010).

Vivero: se realizó monitoreos observando directamente durante todo el experimento que duró 3 meses, mediciones a los rebrotes existentes y conteo por cada estaca y dosis, ya que la muestra por cada tratamiento es de una cantidad considerada para observar.

3.1.4.7 Criterio de aplicación

Se seleccionaron al azar árboles que tengan una edad joven de 5 cm de diámetro a la altura del pecho para que este se encuentre en un proceso de fotosíntesis activa, ya que las plantas jóvenes se encuentran con una actividad fotosintética alta, las estacas se extraerán dentro de un área de 5 hectáreas seleccionando 30 arbustos que cumplan con las características mencionadas, de las cuales 30 plantas serán utilizadas para extraer 4 palos por cada una, considerando que estas cuenten con nódulos.

3.1.5 Parte metodológica de campo.

3.1.5.1 Preparación de auxina

Se compraron lentejas a un precio de 15 quetzales por libra para remojarlas durante 24 horas, luego se sacó del agua en que quedó sumergido y se puso en papel para dejarlo tres días, permitiendo que saquen raíz, después se licuó y mezcló con el líquido en donde se encontraban en remojo al inicio, seguidamente se obtuvo las propiedades y así permitir la estimulación en las estacas.

3.1.5.2 Obtención de estaquilla

Se buscó estacas de árboles jóvenes de 10-20 años tomando criterios como la corteza, hojas y el diámetro a la altura del pecho, para que este tenga el proceso de fotosíntesis en un porcentaje más activo. Las réplicas tuvieron una altura de 25 cm, con un diámetro de 3 cm.

3.1.5.3 Preparación del sustrato

Según Canova (1993). Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos, basados en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación.

Por lo que se utilizó el sustrato compuesto de tierra negra con hojarasca y arena proveniente de la misma especie utilizando una mezcla de 2 de tierra negra 1 de hojarasca y 1 de arena para la investigación a realizarse en total se empleó una carreta.

3.1.5.4 Llenado de bolsa

Se llenaron 120 bolsas de polietileno con la medida de 4 x 8 cm con un estrato hecho de una combinación de arena, tierra y broza para sembrar las estacas que se utilizaran para realizar el proceso de investigación.

3.1.5.5 Siembra de las estacas

Se sembraron 30 estacas de la especie de encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) para cada tratamiento, 30 en el primero a los cuales se le aplicó 5 ml, 30 en el segundo a los que se aplicó 10 ml, 30 en el método 3 a los que se les echó 15 ml y 30 réplicas que se utilizaron como testigo, las mismas se sembraron cuidadosamente sin aplicación de ningún estimulante, aplicando el riego necesario para los tratamientos la cual se emplea cuando el sustrato demuestre un color café claro.

Tabla 4 Cantidad de estacas para cada tratamiento

Tratamientos		Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Testigo	Total
Cantidad de estacas.		30	30	30	30	120

Fuente: elaboración propia 13 de octubre 2019.

3.1.5.6 Aplicación de la auxina natural.

Se aplicó la auxina natural a cada 15 días en donde se utilizó 5 ml al tratamiento 1, 10 ml al número 2 y 15 ml al número 3, existiendo un testigo al cual no se le empleó nada.

Tabla 5 Aplicación de auxina en cada tratamiento

Dosis						
No.	Fecha de aplicación de la auxina	Cantidad de repeticiones	T1 ml	T2 ml	T3 ml	Testigo
1	22 de septiembre	30	100	100	100	0
2	7 de octubre	30	15	10	5	0
3	23 de octubre	30	15	10	5	0

Fuente: elaboración propia 13 de octubre 2019.

Tabla 6 Tiempo de evaluación de rebrote

Tiempo	Fecha de toma de datos
0-40 días	3 de noviembre del 2020

Fuente: elaboración propia 14 de octubre de 2019.

3.1.6 Diseño Experimental

El diseño experimental tendrá un orden el cual es de 30 estacas identificadas por colores teniendo 50 cm de distancia en cada uno de los tratamientos para evitar la intervención de uno a la otra al momento de aplicar la auxina natural.

El diseño experimental que se utilizará es completamente al azar con 4 tratamientos y 30 repeticiones. Modelo estadístico asociado a este diseño y respuesta y concentración que se presenta a continuación:

Fórmula 1.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \quad \{i = 1, 2, 3, \dots, t, \quad \{j = 1, 2, 3, \dots, r.$$

Dónde:

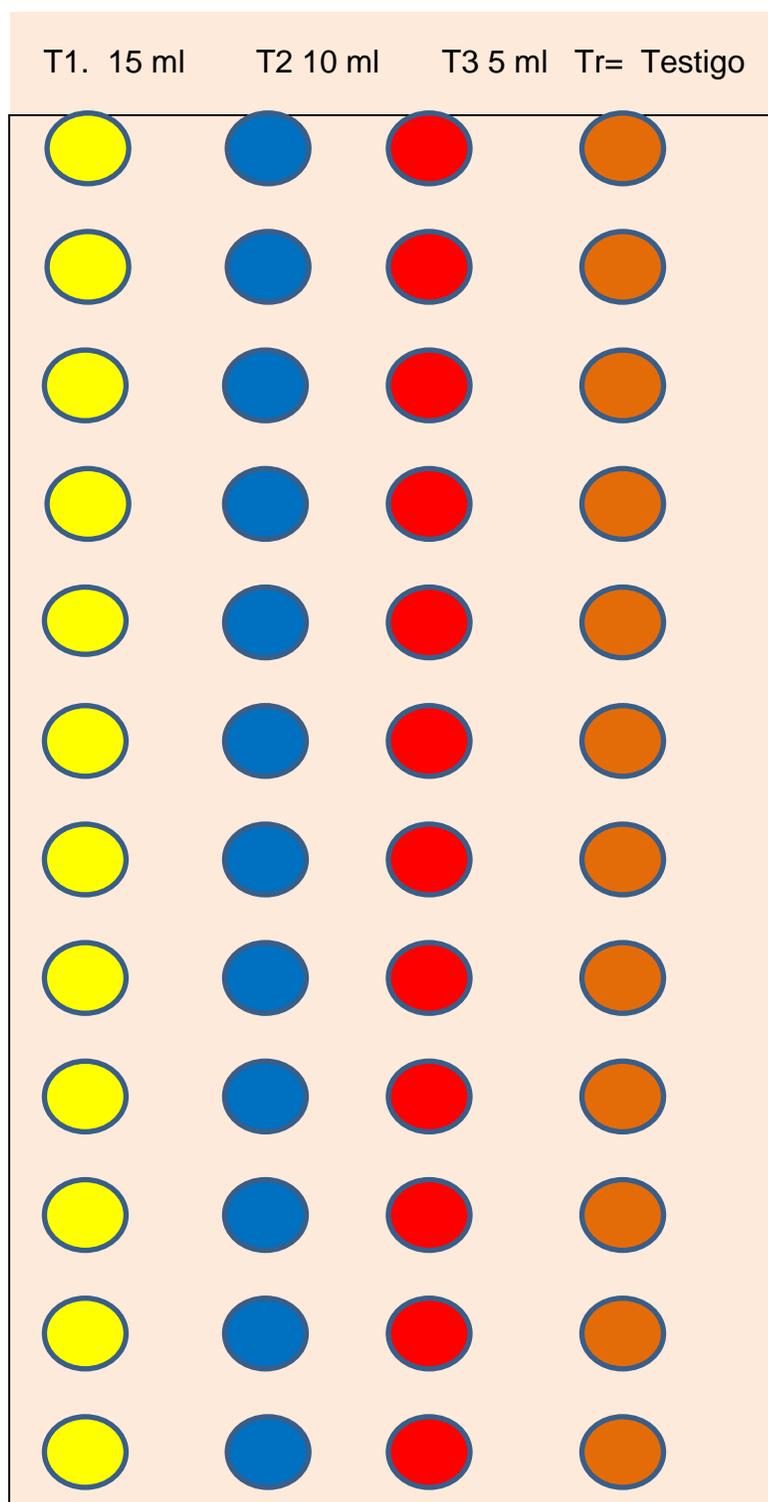
Y_{ij} = Variable respuesta medida en la ij-esima unidad experimental.

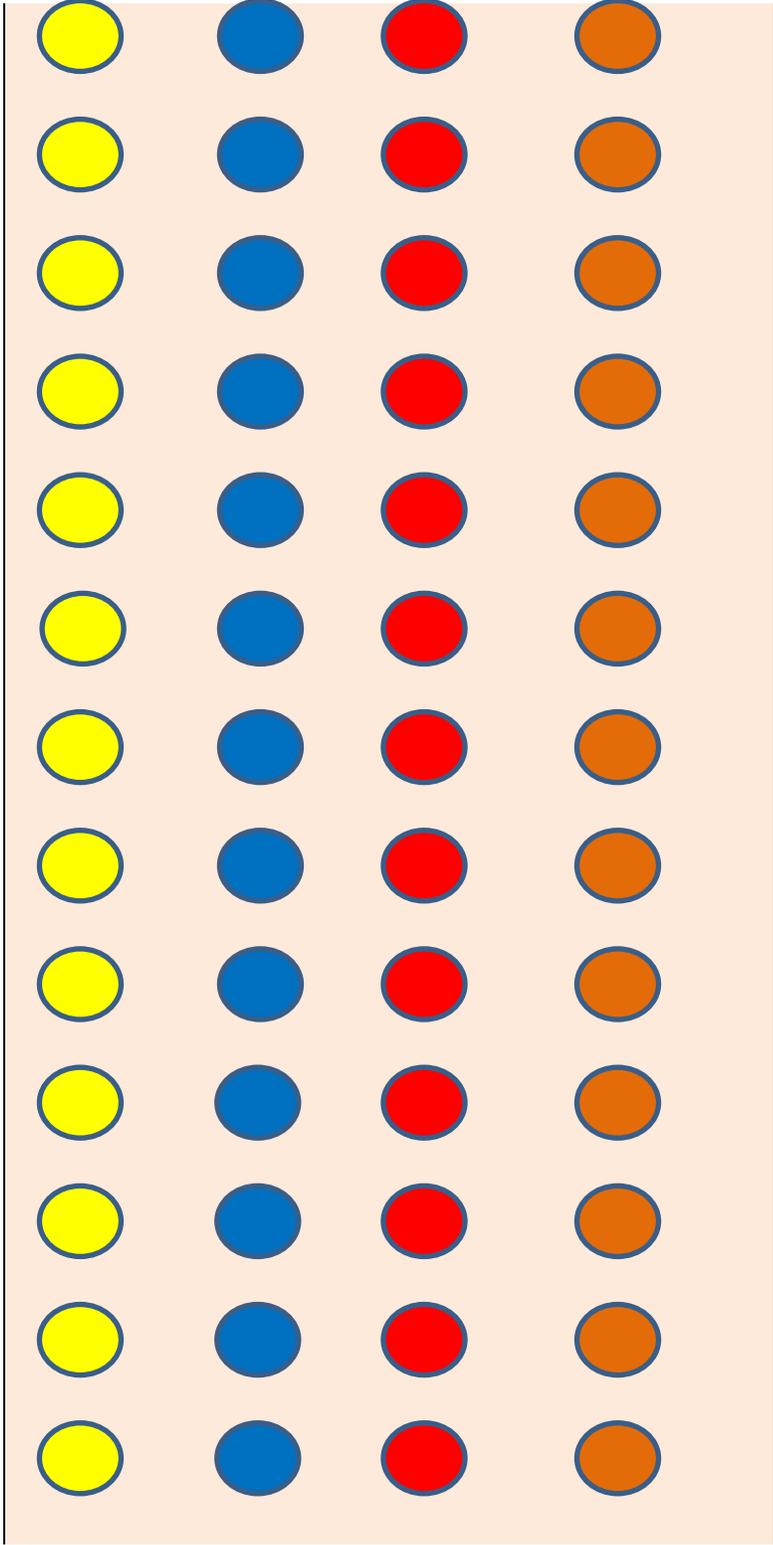
μ = Media general.

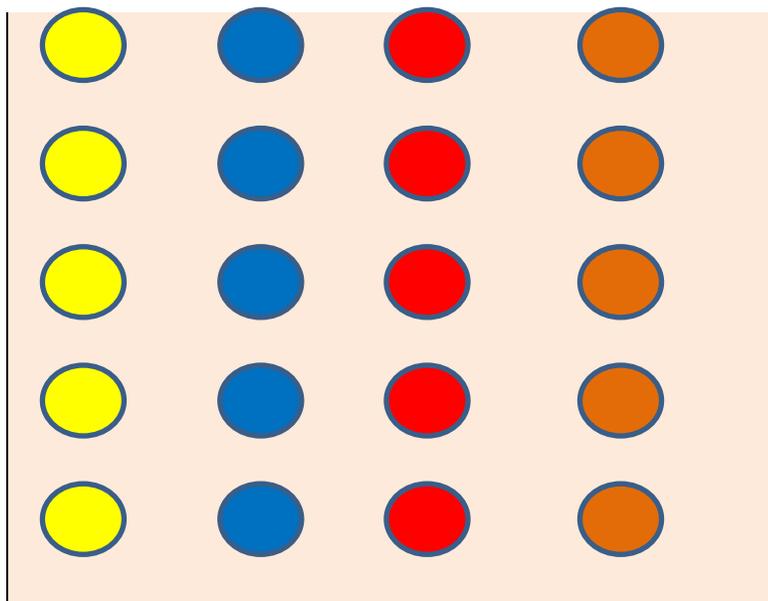
T_i = Efecto de la auxina.

E_{ij} = Error experimental asociado a unidad experimental.

Figura 1 Diseño experimental







Fuente: elaboración propia 13 de octubre 2019.

Como referencia del diseño las estacas que tuvieron los siguientes colores amarillo son a las que se le aplicaron 5 ml de la auxina, las azules son a las que se les podrá 10 ml, las rojas son a las que se les empleó 15 ml del estimulante y naranja son las que se utilizaron como testigo de la investigación.

3.2 Recursos

3.2.1 Talento humano

- ✓ Brecheros para la selección de estacas en el bosque.
- ✓ Tesista para la elaboración del experimento y análisis de datos.
- ✓ Asesora de Tesis

3.2.2 Físicos

- ✓ Auxina natural
- ✓ Sustrato
- ✓ Estacas
- ✓ Bolsas
- ✓ Jeringa
- ✓ Metro
- ✓ Agua
- ✓ Costal
- ✓ Ajo

3.2.3 Financiero

Tabla 7 Análisis financiero de la investigación realizada.

Fases	Rubros	Materiales y herramientas	Cantidad	Costo unitario Q.	Días	Total Q.
Talento humano		Personal de apoyo	1	110	10	1,100
		Investigador	1	30,000		30,000
Fase de gabinete inicial	Elaboración de plan de investigación	Computadoras	1	3,000.00		3,000.00
		Paquete de office (Word 2013)	1	150.00		150.00
		Impresora	1	1,500.00		1,500.00
		Tinta de impresión	12	80.00		960.00
		Resma de papel bond.	6	35.00		210.00

Fases	Rubros	Materiales y herramientas	Cantidad	Costo unitario Q.	Días	Total Q.
		Lápices. Lapiceros y Tablero	3	10.00		30.00
	Monitoreo del área de estudio.	Cámara fotográfica	1	4,000.00		4,000.00
		GPS	1	1,500.00		1,500.00
	Transporte	Combustible (Galones)	10	27.50		275.00
Fase de campo	Mano de obra (en fase de ejecución)		1	125	60	7,500.00
	Transporte	Renta de Vehículo	1	800	5	4,000.00
		Combustible (Galones)	50	27.50		1,375.00
	Instrumentos de preparación para	Costales	2	5		10.00
		Botes de	4	5		20.00

Fases	Rubros	Materiales y herramientas	Cantidad	Costo unitario Q.	Días	Total Q.
	experimentación	plástico				
		Estacas	120	2.00		240.00
		Auxina	1	100		100
	Instrumentos de medición	Metro	1	35.00		35.00
	Alimentación		3	40	4	480
	Almuerzo					
	Refacción		5	20	4	350
	Impresiones	Boletas de registro	50			50
Fase de gabinete final	Sistematización de resultados	Software estadísticos	3	1,125.00		3,375.00
		Paquete de office (Word 2013)	1			3,000

Fases	Rubros	Materiales y herramientas	Cantidad	Costo unitario Q.	Días	Total Q.
		Internet	1	200.00	60	400.00
	Resultados de investigación	Copias de informes finales				1,280
	Informe final	Encuadernados	10	100.00		1,000
	Imprevistos	5% del gasto total				4,917.00
	Total					70,857.00

Fuente: elaboración propia 15 de abril del 2020.

Capítulo IV

4.1 Resultados

Se observó y analizó la capacidad de rebrote del encino *Quercus peduncularis*, las características descriptivas fueron: el tiempo y color, los datos numéricos como el grosor y longitud de los retoños en las 120 estacas que se dividieron en cuatro tratamientos con 3 dosis diferentes con 30 repeticiones y un testigo.

4.1.1 Tiempo de rebrote en cada tratamiento

En un tiempo de 21 días de establecido el área experimental que medía 2 x 3 metros, el T2 demostró reacciones y ocho días más tarde de la primera aplicación externa del estimulante natural se mostraron las primeras apariciones de yemas en las estaquillas que se le aplicó una dosis de 10 ml; en una estaca, y en el método de 5 ml en dos réplicas, en relación con la tercera cantidad de 15 ml presentó rebrotes en dos estacas a los 23 días, y el testigo evidenció señales de rebrote a los 28 días después por lo que se notó que la auxina natural de lenteja realizó la función de estimulante para que las estaquillas rebrotaran.

4.1.2 Estacas que rebrotaron de cada tratamiento.

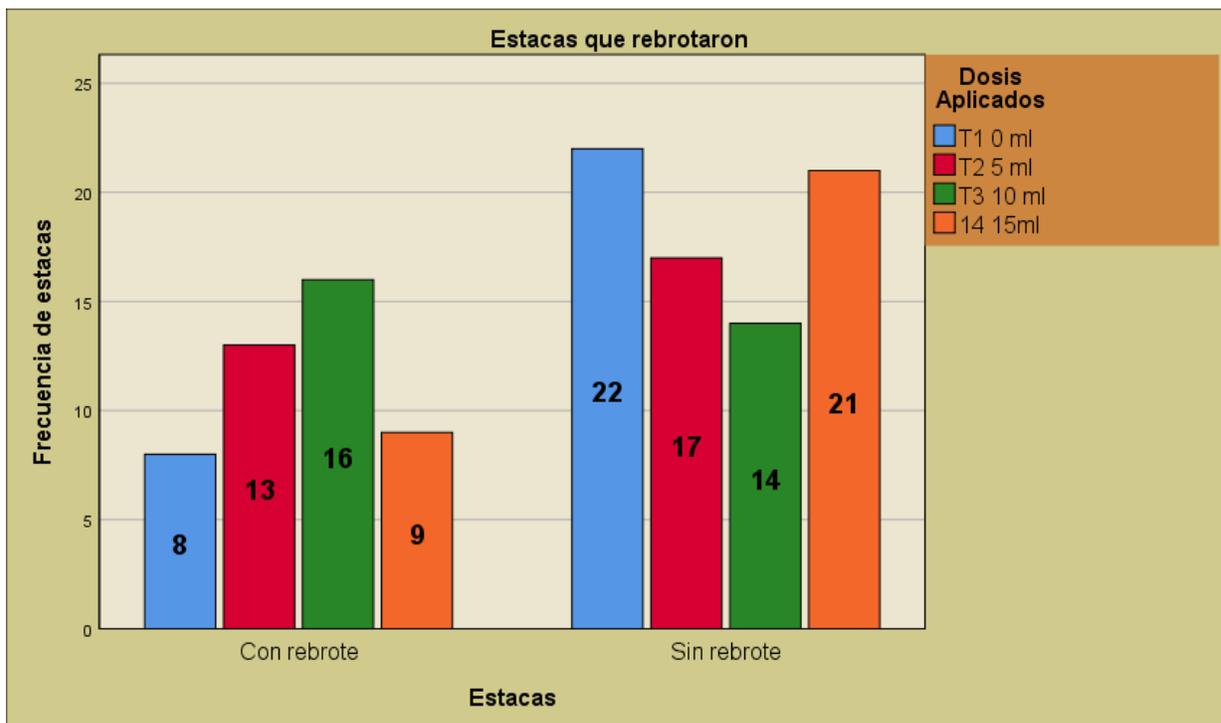


Figura 2: Cantidad de estacas que rebrotaron y no rebrotaron en cada tratamiento.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

En la gráfica anterior se muestra del lado izquierdo los datos de estacas que mostraron una reacción rebrotando estas están clasificadas por tratamiento y en el grupo derecho se da a conocer las estaquillas que no rebrotaron en cada una de las dosis aplicadas. Siendo notorio que el % de mayor cantidad de réplicas es del lado e donde no retoñaron, existiendo rebrote en todo el experimento.

Por lo que se relaciona la teoría, que sustenta el empleo de sustancias reguladoras de crecimiento (auxinas) se hace con el fin de aumentar el porcentaje de enraizamiento, acelerar la iniciación de rebrotes, aumentar el número y calidad de raíces y retoños producida por estaca e incrementar la uniformidad de

penetración según (Hartmann y Kester, 1987). Para lograr un buen enraizamiento y rebrote de las estacas, es esencial que estas mantengan su turgencia y que tengan un potencial de agua elevado (Hartman y Kester, 1991).

Según los datos obtenidos y la teoría mencionada en el párrafo anterior se demuestra que una auxina estimula las estacas permitiendo que existan rebrotes sin embargo en la experimentación realizada se notó que la reacción de retoñar si existió, aunque no con la magnitud que se esperaba.

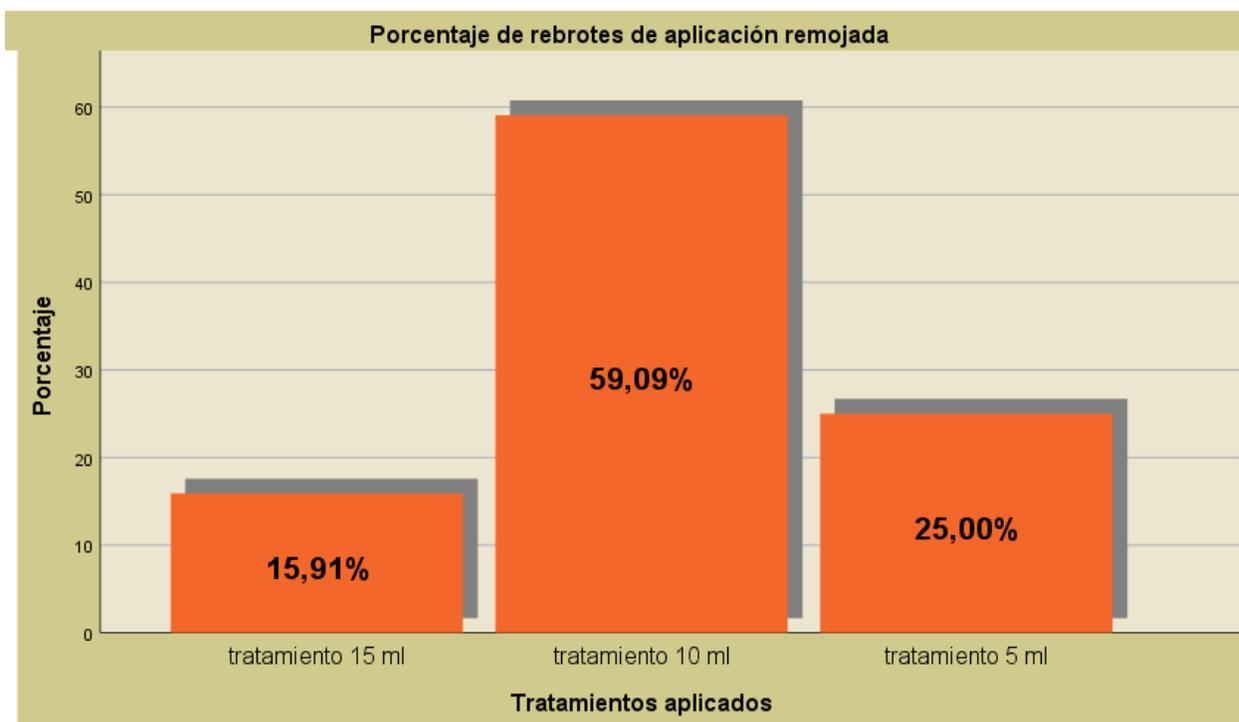


Figura 3: porcentaje de rebrote de tratamientos remojados.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

El porcentaje de los rebrotes en los tratamientos a los que se les aplicó una auxina natural que fueron remojadas demuestran que los porcentajes son de 15.91% de 59.09% de 10 ml y 25.00% de 5 ml, dando a conocer al tratamiento que presentó el porcentaje con mayor cantidad de rebrote siendo este el T3 de 10 ml con un porcentaje de 59.09% en este tipo de aplicación.

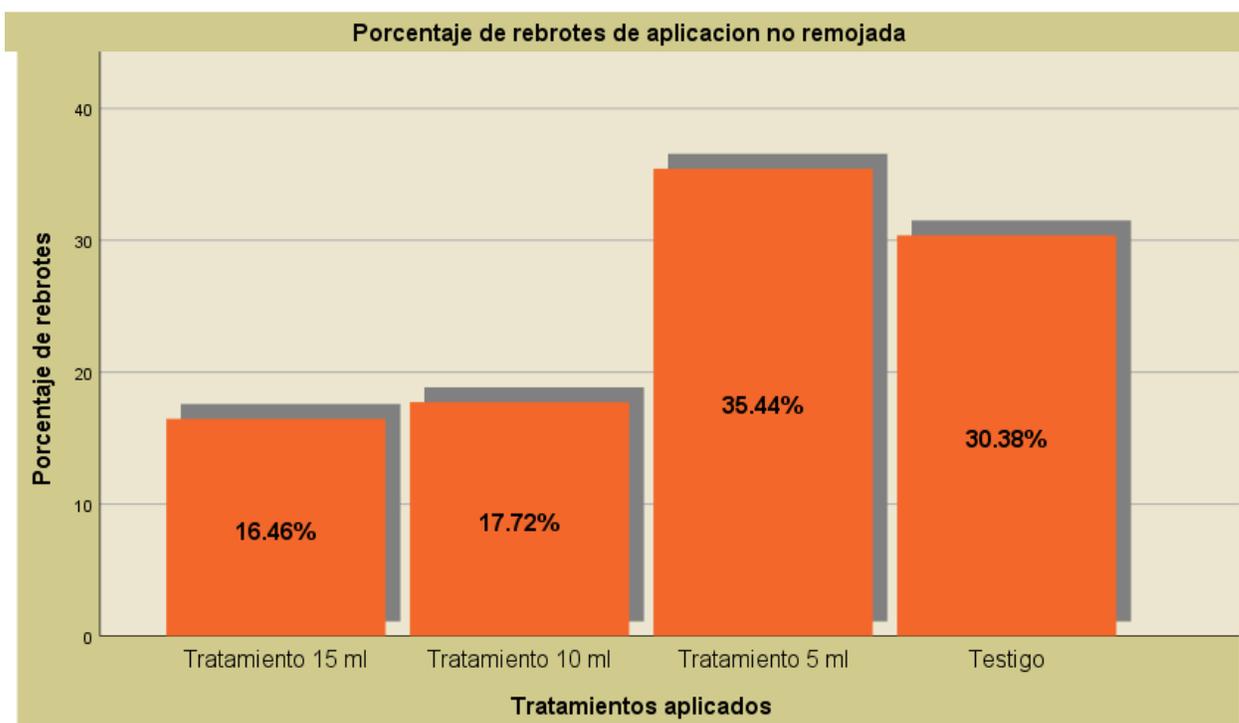


Figura 4: porcentaje de rebrotes en tratamientos no remojados.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

En la figura anterior se observa que los porcentajes de rebrote de las estacas a las que se le aplicó una auxina natural en donde no se remojaron son los siguientes: 16.46% de la dosis de 15 ml, 17.72% del tratamiento de 10 ml, 35.44% del método de 5 ml y 30.38 del testigo teniendo el T2 la mayor cantidad de rebrotes en este tipo de aplicación.

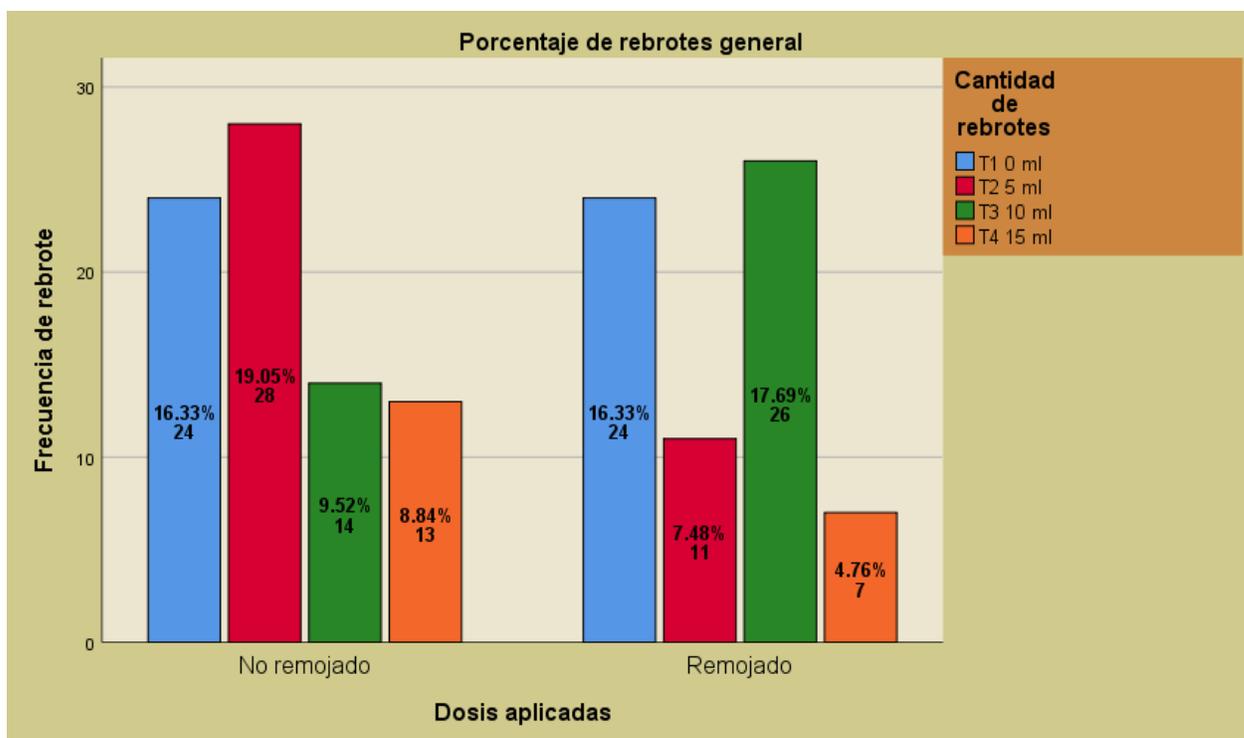


Figura 5: porcentaje de rebrotes en aplicación remojado y no remojado.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

En la figura anterior se observa los resultados generales de los tratamientos a los que se les aplicó una auxina natural, en donde se observó que la aplicación no remojada en las dosis de 0,5,10 y 15 ml mostraron un 16.33%, que son 24 rebrotes 19.05%, que representa 28 retoños 9.52% los cuales son 14 y un 8.84% que simboliza 13 estaquillas por el lado derecho se muestra que de la forma remojada se notó un 16.33%,7.48%,17.69% y 4.76% lo cual permite saber que el tipo de concentración y el método más rentable es el de no remojado de 5 ml lo que indica que es recomendada para aplicar en las estacas de encino *Quercus peduncularis*.

Las auxinas se asocian con los tejidos en intensa división, especialmente en: meristemas apicales de tallos y raíces, hojas jóvenes y frutos en desarrollo; también en hojas maduras y ápices de raíces, aunque en menor proporción, además fueron encontradas en otras partes de las plantas, a donde son movilizadas desde su sitio de síntesis por transporte polarizado (Raisman y González, 2007).

En la gráfica número 5 se muestra el porcentaje de las estacas tanto en el tipo de aplicación y la dosis de la cual se sustenta que una auxina es asociada a estas en diferentes partes por lo que muestran una reacción de rebrote en un porcentaje más alto en el tratamiento de 5 ml en los no remojados y en la concentración de 10 ml en la forma de los remojados dando como alternativas para el ***Quercus peduncularis*** esas dos dosis.

4.1.3 Características de los tratamientos con relación a tipo de aplicación, cantidad, longitud, grosor y color de los rebrotes.

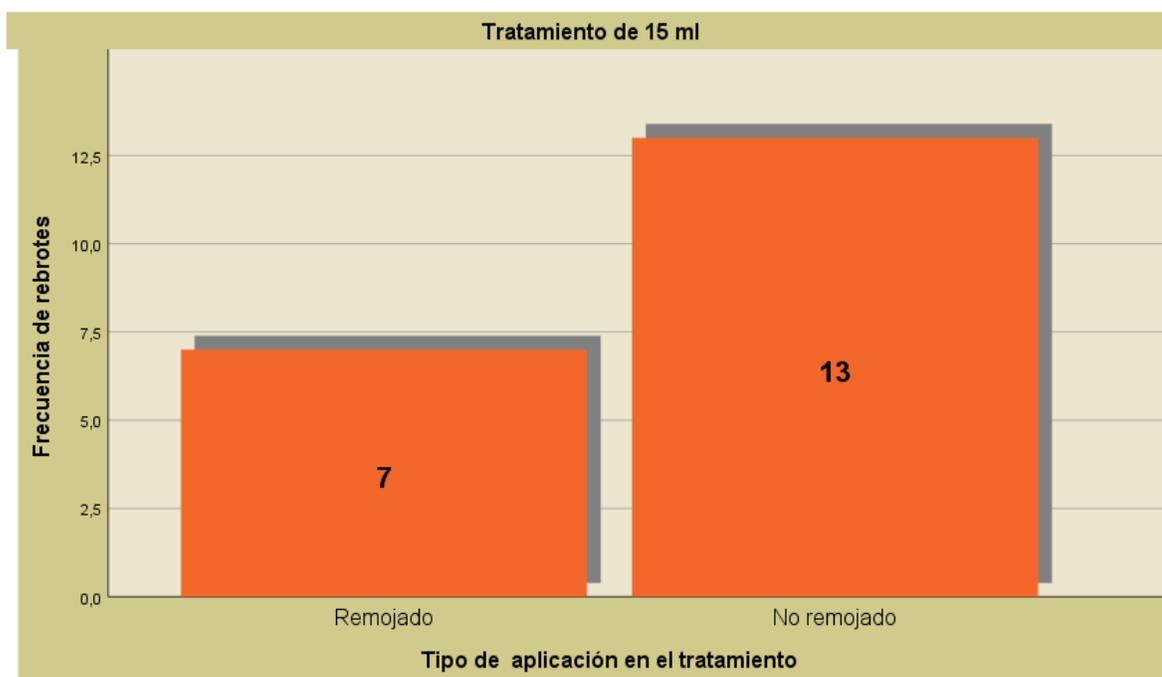


Figura 6: tipo de aplicación y cantidad de rebrotes del tratamiento de 15 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

En la figura número 6 se analizan el tipo de aplicación y la cantidad de rebrotes de la dosis de 15 ml de auxina natural en donde se observa que existieron 13 retoños en la forma que no se remojó, sino que solo se roció la estaca con el estimulante y fue sembrada y las estacas que fueron remojadas durante 10 minutos adquirieron un número de 7 retoños.

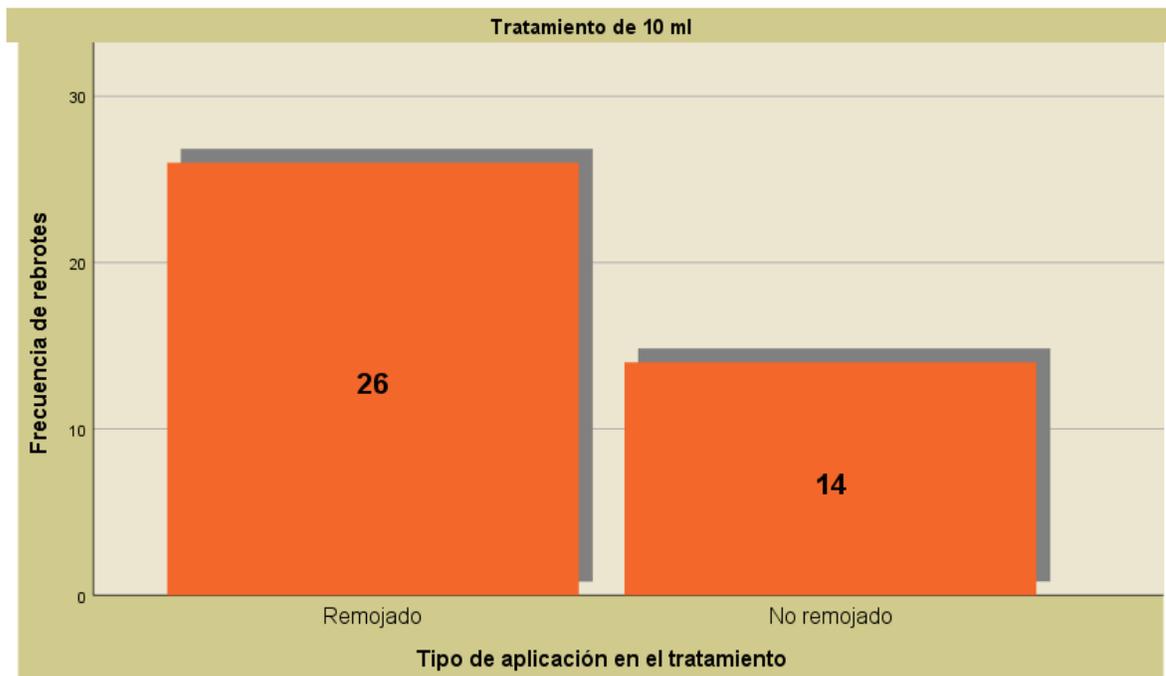


Figura 7: tipo de aplicación y cantidad de rebrotes del tratamiento de 10 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

En la figura número 7 se analizó el tipo de aplicación y la cantidad de rebrotes de la dosis de 10 ml de auxina natural en donde se observa que existieron 14 retoños en la forma que no se remojó, sino que solo fue rociado la estaca con el estimulante y fue sembrada. Las estacas que fueron remojadas durante 10 minutos por la mañana adquiriendo un número de 26 retoños.

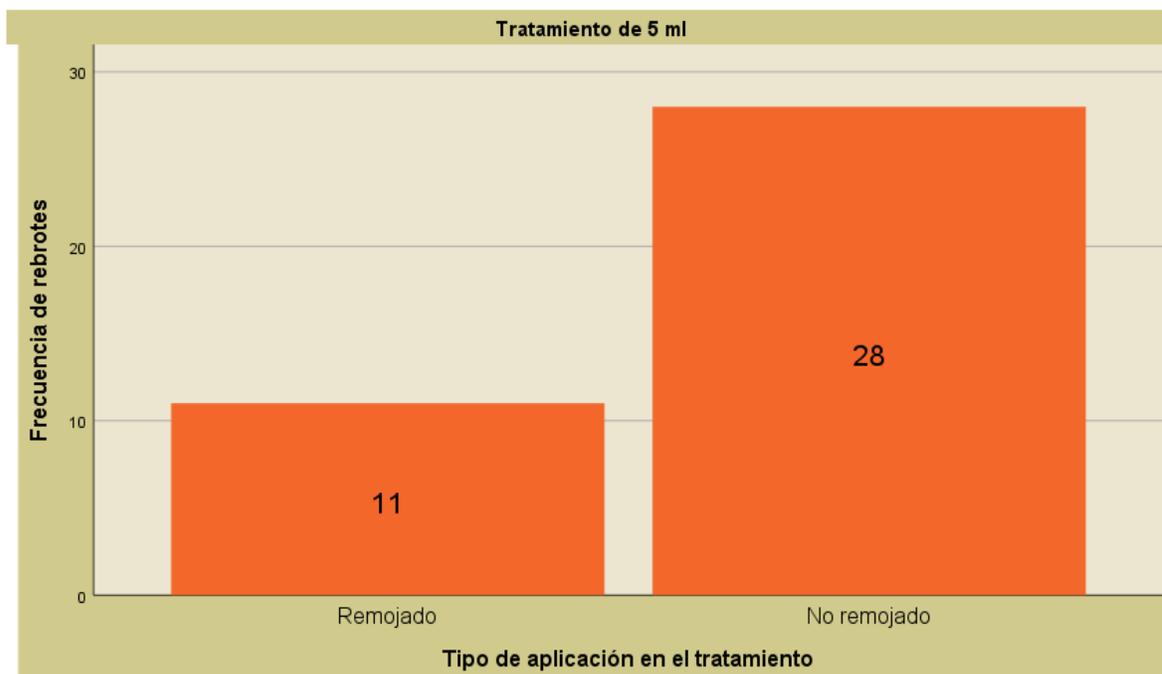


Figura 8: tipo de aplicación y cantidad de rebrotes en el tratamiento de 5 ml

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

En la figura número 8 se analizan el tipo de aplicación y la cantidad de rebrotes de la dosis de 5 ml de auxina natural en donde se observa que existieron 11 retoños en el método remojado y 28 rebrotes en el método no remojado, demostrando mayor reacción a brotar en el método en el que la estaca solo fue rociada por el estimulante.

Cuando una estaca se coloca en condiciones ambientales favorables para el enraizamiento y brote, se desarrolla cierta cantidad de callo en su extremo basal; el callo es una masa irregular de células meristemáticas en varios estados de lignificación; el callo prolifera de células jóvenes que se encuentran en la base de la estaca en la región del cambium vascular, aunque también pueden contribuir células de la corteza y de la médula (Hartman y Kester, 1991).

Según los resultados obtenidos y la teoría que menciona sobre las condiciones adecuadas de las estacas que enraizaron, en este caso se buscó optimizar la mejor dosis y método para evaluar la capacidad del rebrote *Quercus peduncularis*. Se recomienda utilizar el tipo de aplicación remojada en la cantidad de 10 ml porque en esta es donde se vio y demostró que existía mayor cantidad de rebrotes y en el tratamiento no remojado en la concentración de 5 ml porque también fue la dosis que mostró una reacción favorable con el método de aplicación no remojado.

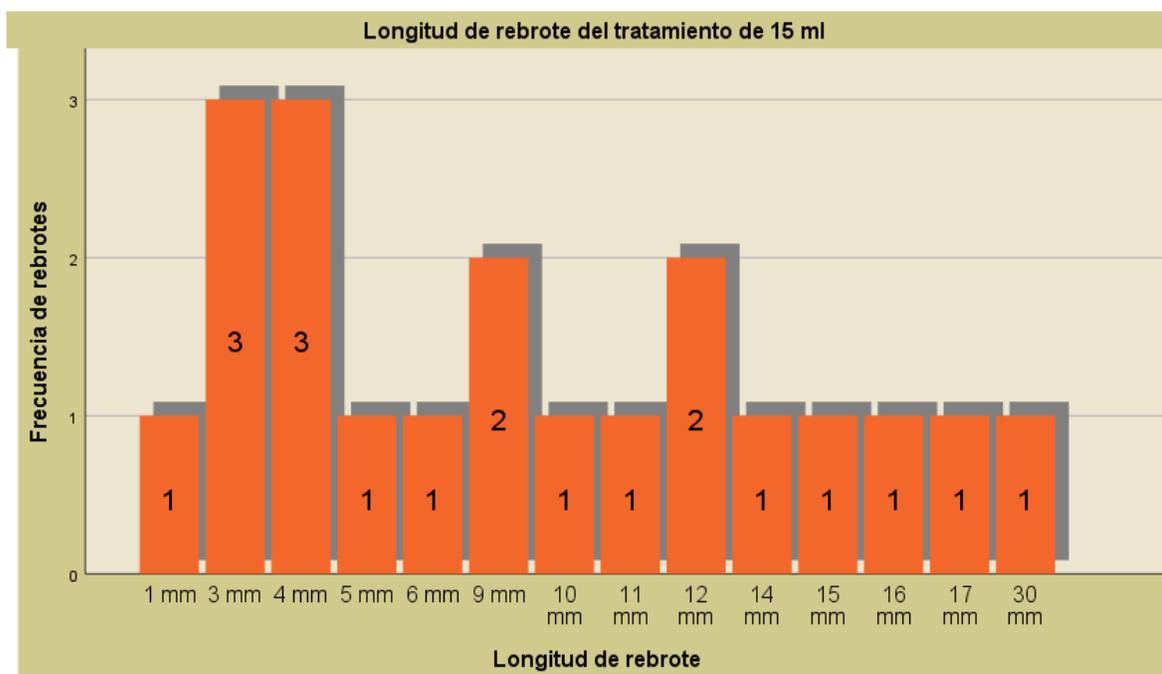


Figura 9: longitud de rebrote del tratamiento de 15 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

La gráfica anterior muestra que el tratamiento con la dosis de 15 ml de auxina natural tiene un rebrote mínimo de 1 mm y uno máximo de 30 mm sin embargo los rebrotes con más frecuencia se encuentran en las medidas de 3 mm y 4 mm que contienen la repetición de 3 retoños en cada una.

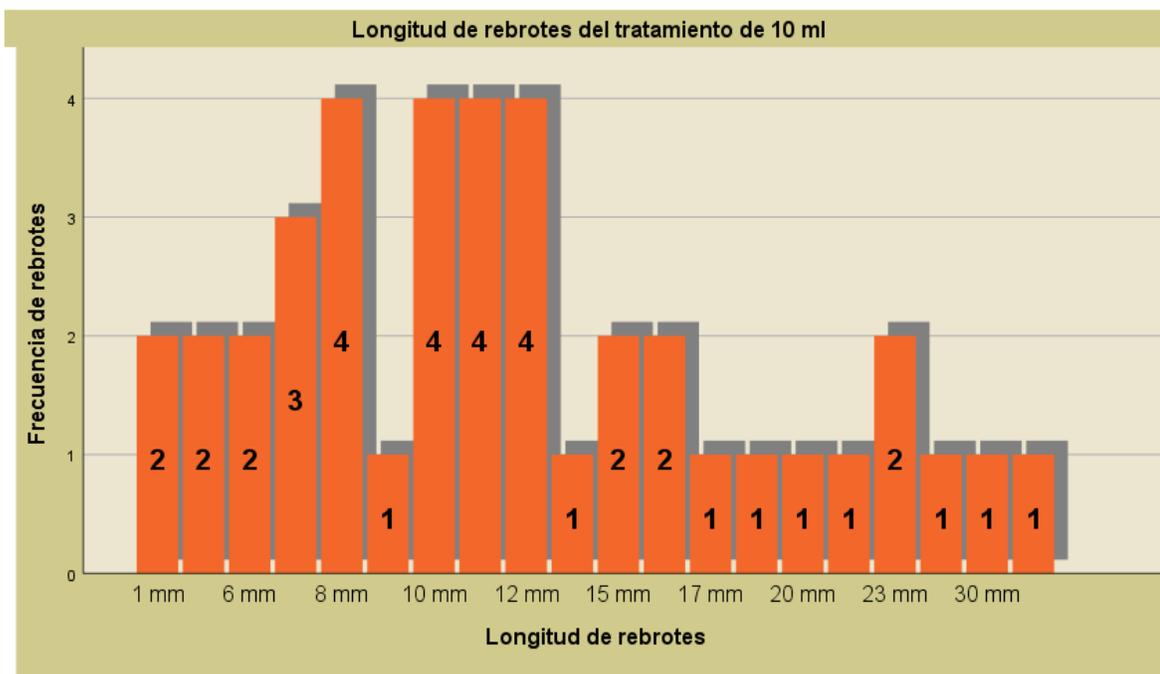


Figura 10: longitud de rebrotes del tratamiento de 10 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

La figura 10 anterior muestra que el tratamiento con la dosis de 10 ml de auxina natural tiene un rebrote mínimo de 1 mm y uno máximo de 30 mm sin embargo los rebrotes con más frecuencia se encuentran en las medidas de 8, 10, 11 y 12 mm que contienen la repetición de 4 rebrotes en cada una.

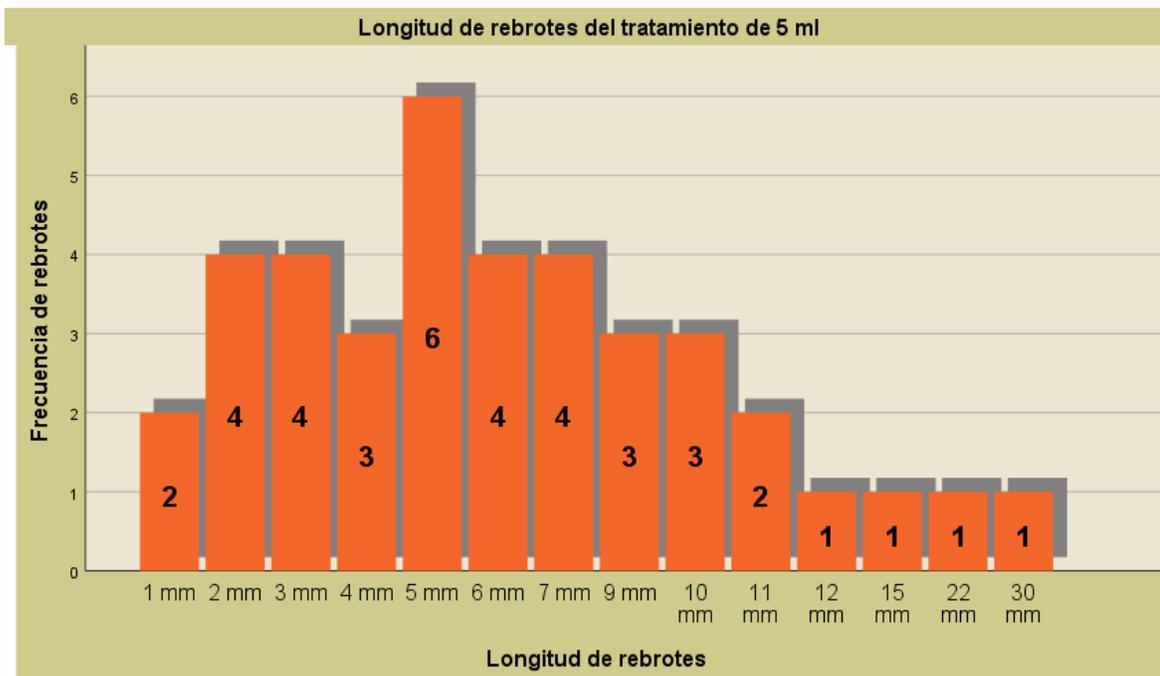


Figura 11: longitud de rebrotes en el tratamiento de 5 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

La figura 11 anterior muestra que el tratamiento con la dosis de 10 ml de auxina natural tiene un rebrote mínimo de 1 mm y un máximo de 30 mm sin embargo los rebrotes con más frecuencia se encuentran en las medidas de 2, 3, 5, 6 y 7 mm que contienen la repetición de 6 y 4 retoños en cada una.

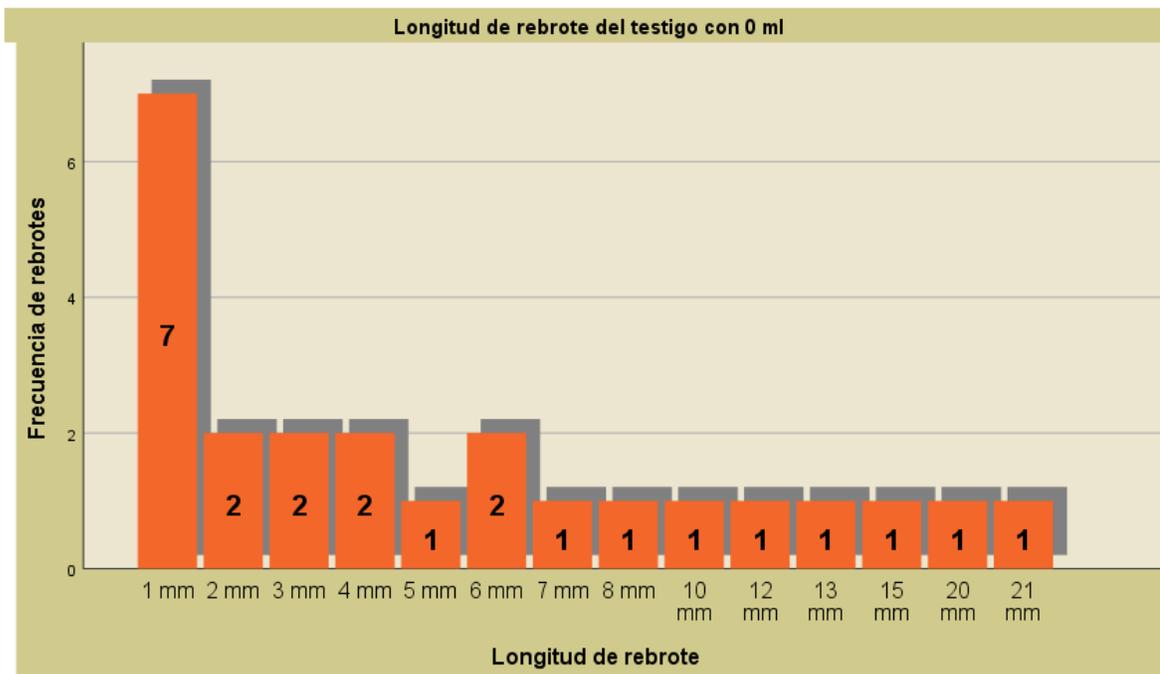


Figura 12: longitud de rebrotes en el testigo con 0 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

La gráfica anterior muestra que el testigo con 0 ml de dosis de auxina natural tiene un rebrote mínimo de 1 mm y uno máximo de 21 mm sin embargo los rebrotes con más frecuencia se encuentran en la medida de 1 mm que contiene la repetición de 7 retoños.

Longitud de rebrote, término usual con que se designa el vástago en estado de desarrollo, a partir de la yema hasta que ha terminado su crecimiento. Se ha empleado también como sinónimo de vástago, es decir como conjunto de tallos y hojas (López, 2006).

El crecimiento de los brotes en las estacas es vital porque luego de observarse la existencia es necesario aplicarle los elementos necesarios para que este siga

desarrollándose de una manera adecuada y volverse en una planta, que se pueda utilizar para reforestar y evitar la extinción de la especie investigada.

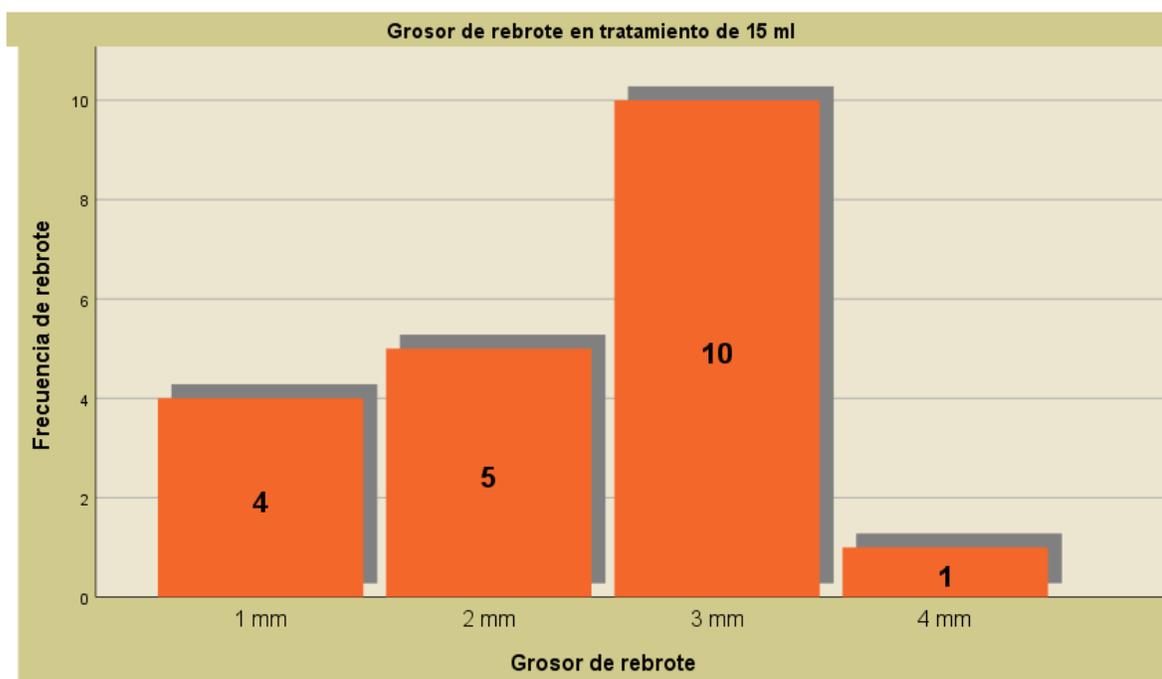


Figura 14: grosor de rebrotes en tratamiento de 15 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

El grosor de los rebrotes del tratamiento de 15 ml de auxina natural se encuentra descrito en la gráfica anterior en donde se observa que el grosor mínimo es de 1 mm y el máximo es de 4 mm presentando este la mayor frecuencia en la medida de 3 mm con una repetición de 10 rebrotes.

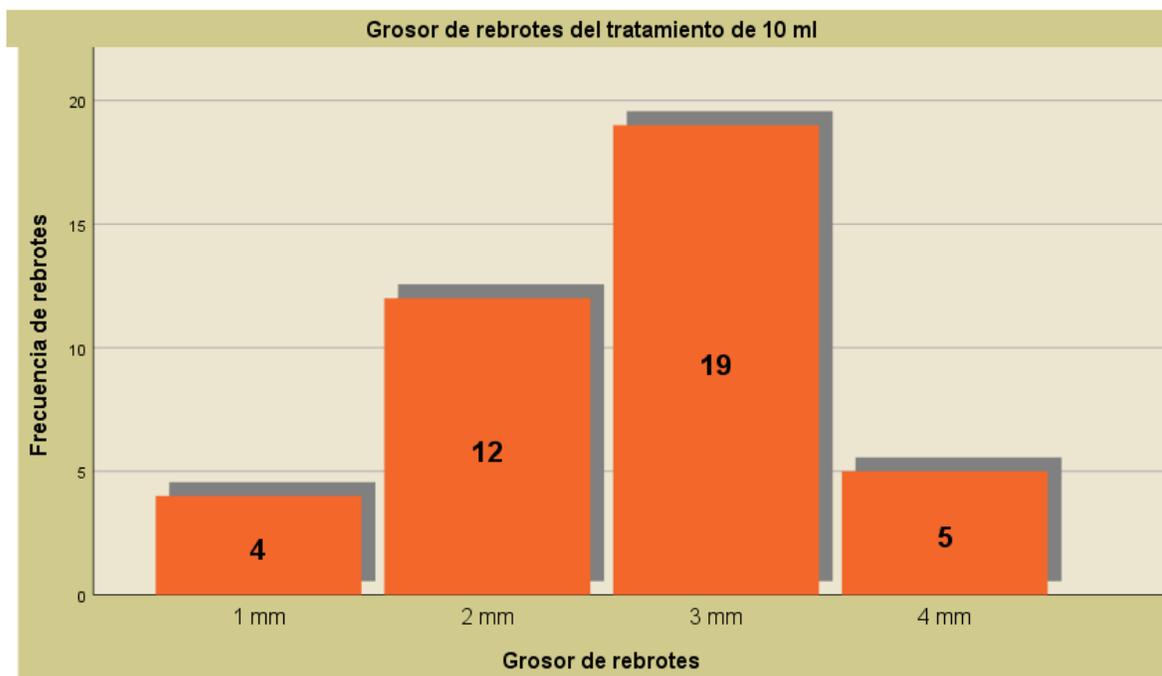


Figura 15: grosor de rebrotes del tratamiento de 10 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

El grosor de los rebrotes del tratamiento de 10 ml de auxina natural se encuentra descrito en la gráfica anterior en donde se observa que el grosor mínimo es de 1 mm y el máximo es de 4 mm presentando este la mayor frecuencia en la medida de 3 mm con una repetición de 19 rebrotes.

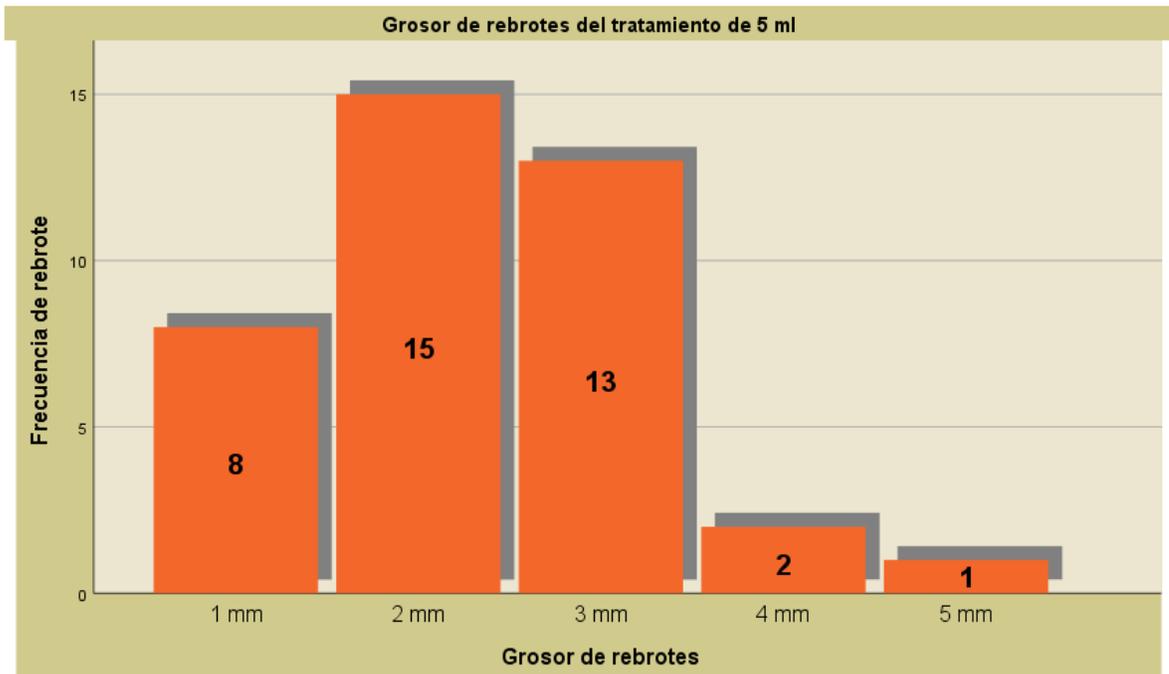


Figura 16: grosor de rebotes del tratamiento de 5 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

El grosor de los rebotes del tratamiento de 5 ml de auxina natural se encuentra descrito en la gráfica anterior en donde se observa que el grosor mínimo es de 1 mm y el máximo es de 5 mm presentando este la mayor frecuencia en la medida de 2 mm con una repetición de 15 rebotes.

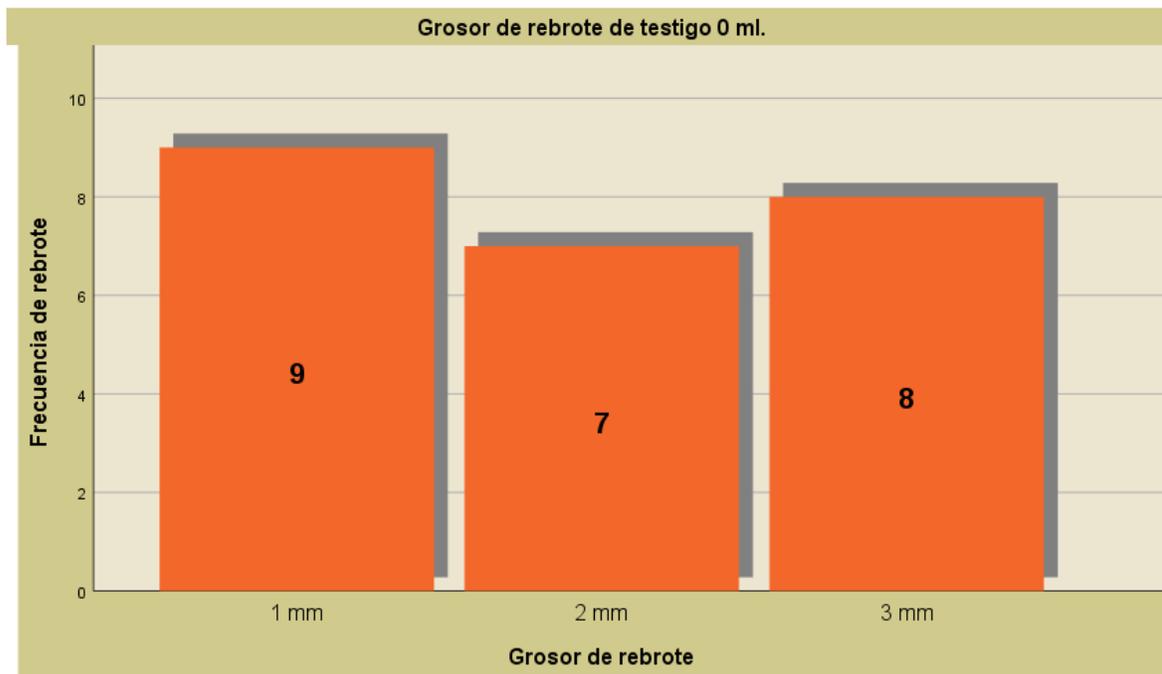


Figura 17: grosor de rebrotes en el testigo con 0 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

El grosor de los rebrotes del testigo con 0 ml de auxina natural se encuentra descrito en la gráfica anterior en donde se observa que el grosor mínimo es de 1 mm y el máximo es de 3 mm presentando este la mayor frecuencia en la medida de 1 mm con una repetición de 9 rebrotes.

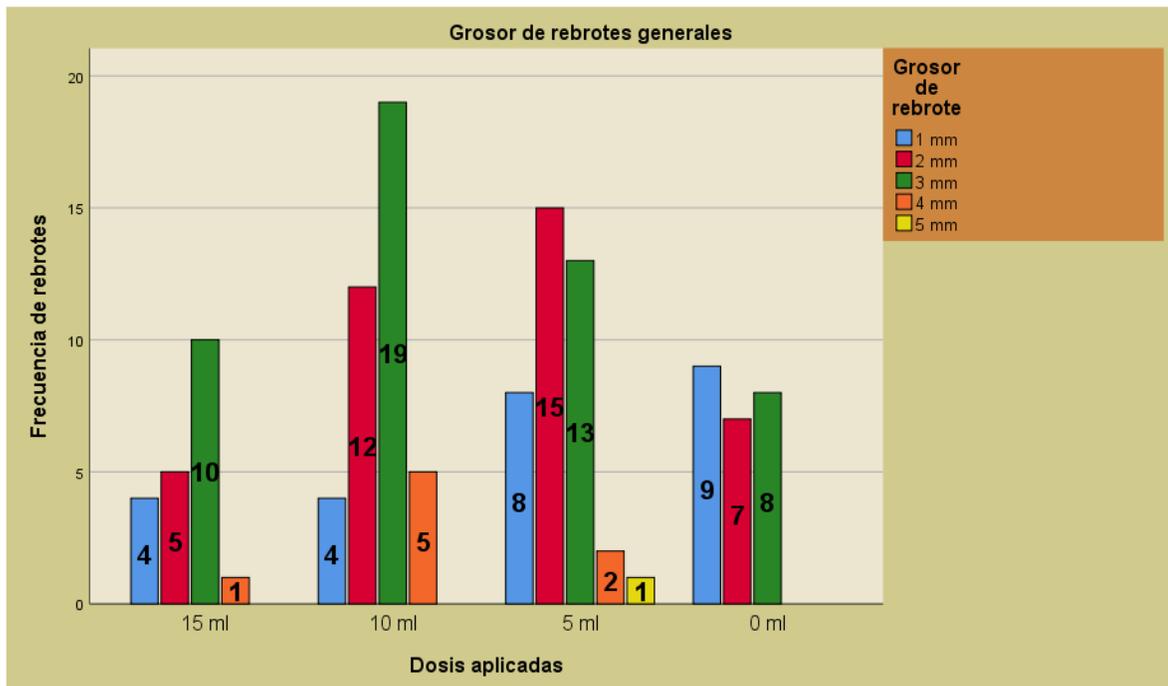


Figura 18: grosor general de los tratamientos.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

La gráfica anterior es un dato general que demuestra los grosores de cada tratamiento incluyendo el testigo por lo que muestra que en toda la experimentación se tuvo un grosor mínimo de 1 mm y un máximo de 5 mm teniendo la mayor frecuencia en la medida de 3 mm con 120 repeticiones divididas en 3 tratamientos y un testigo.

La auxina fue la primera hormona que se descubrió en las plantas, intervienen en actividades como el crecimiento del tallo, la formación de raíces, la inhibición de las yemas laterales, la abscisión de las hojas y frutos y en la activación de las células del cambium (Hartmann y Kester, 1995).

Las estacas mostraron en los resultados de la aplicación de una auxina natural tener una reacción, ya que según la teoría mencionada anteriormente interviene en actividades de crecimiento de nuevos tallos por lo que se les aplicó, durante la

experimentación se tuvo un conteo y cantidad del ensanchamiento que cada dosis demostró teniendo como medida mayor el dato de 19 mm de grosor en el tratamiento de 10 ml.

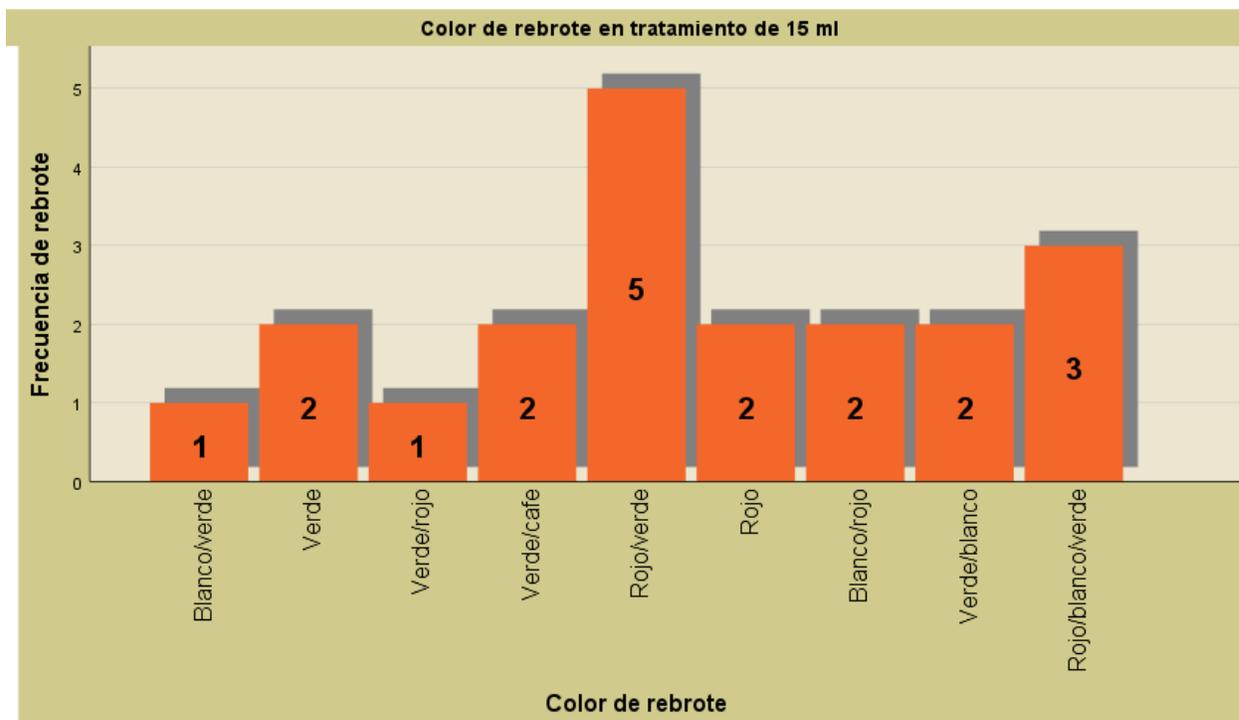


Figura 19: color de rebrotes en el tratamiento de 15 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

En los tratamientos se observó que hubo una variedad de colores de rebrote por lo que se enumeraron cada una de ellas para qué se analizará el color que más produjo cada método. Por lo que en la gráfica anterior se describe de manera figurativa con nombres los colores que se observaron y se demuestra que en el tratamiento al que se le aplicó 15 ml de auxina natural tiene 9 colores de los cuales el rojo con verde demuestra tener más presencia con una frecuencia de 5 rebrotes de esta característica.

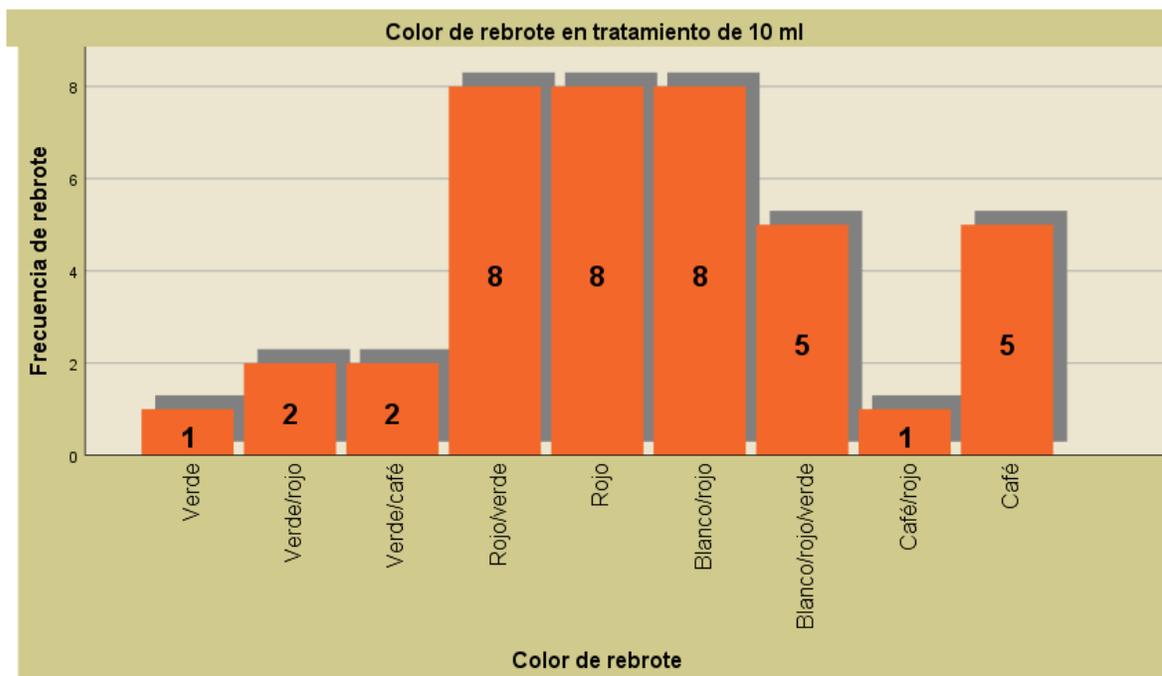


Figura 20: color de los rebrotes en tratamiento de 10 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

La gráfica anterior describe de manera figurativa con nombres los colores que se observaron en el tratamiento al que se le aplicó 10 ml de auxina natural tiene 9 colores de los cuales tres colores predominan y estas son: rojo con verde, rojo y blanco con rojo los cuales demuestran tener más presencia con una frecuencia de 8 rebrotes en cada color de esta característica.

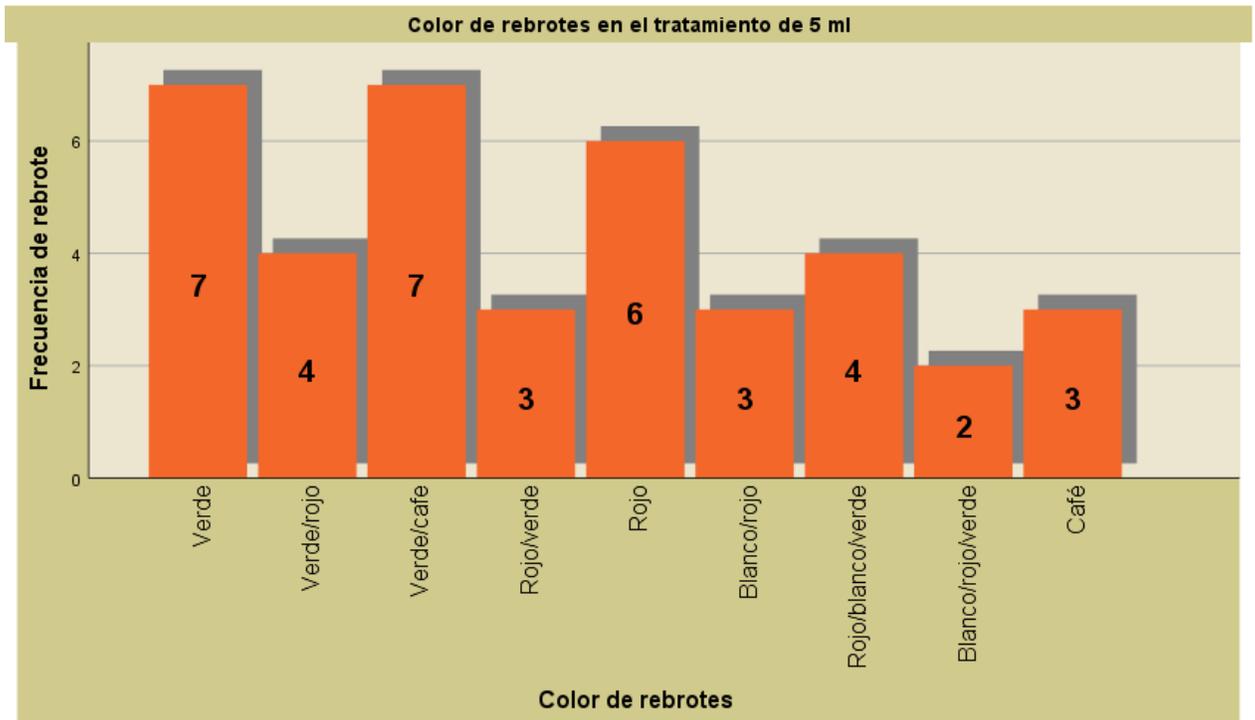


Figura 21: color de rebrotes en el tratamiento de 5 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

La gráfica anterior describe de manera figurativa con nombres los colores que se observaron en el tratamiento al que se le aplicó 5 ml de auxina natural tiene 9 colores de los cuales dos colores predominan y estos son: verde y verde con café los cuales demuestran tener más presencia con una frecuencia de 7 rebrotes en cada color de esta característica.

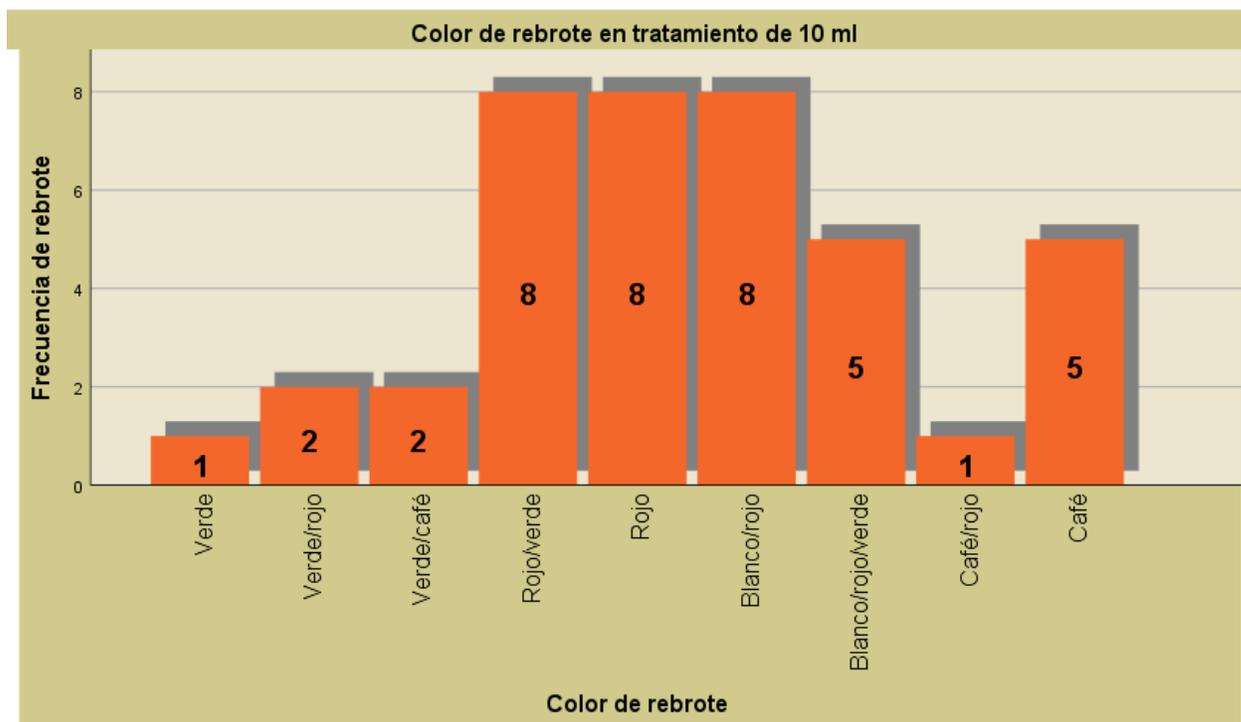


Figura 22: color de rebrotes del testigo con 0 ml.

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

La gráfica anterior describe de manera figurativa con nombres los colores que se observaron en el testigo al que no se le aplicó auxina natural tiene 9 colores identificados en el eje x debajo de cada barra de los cuales el color predominante es rojo que demuestran tener más presencia con una frecuencia de 9 rebrotes con este color de esta característica.

Tabla 8 Colores de los rebrotes generales.

Recuento		Color de rebrotes*Tratamiento aplicado				
		Tratamiento aplicado				Total
		15 ml	10 ml	5 ml	0 ml	
Color de rebrotes	Verde	2	1	7	6	16
	Verde/rojo	1	2	4	1	8
	Verde/café	2	2	7	3	14
	Rojo/verde	6	7	3	1	17
	Rojo	2	8	6	9	25
	Blanco/rojo	2	8	3	0	13
	Verde/blanco	2	0	0	2	4
	Rojo/blanco/verde	3	0	4	0	7
	Blanco/rojo/v	0	6	2	0	8

erde					
Café/rojo	0	1	0	0	1
Café	0	5	3	2	10
Total	20	40	39	24	123

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 14 de noviembre del 2020.

La gráfica anterior es un dato general que demuestra los colores que se generaron en cada tratamiento incluyendo el testigo por lo que muestra que en toda la experimentación se tuvo una frecuencia más constante del color rojo con una frecuencia de 25 repeticiones de esta característica.

4.1.4 Relación entre el crecimiento de raíz y brote utilizando auxinas naturales a diferencia de las estacas plantadas sin ningún estimulante.

Se observó que en el tiempo de evaluación de la capacidad de rebrote de 0-40 días no mostró una relación entre el retoño y la penetración, ya que tanto en los tratamientos y en el testigo no existía una estaca con raíz, pero sí presentaron rebrotes.

En la propagación por medio de estacas, uno de los principales problemas es evitar que estas se marchiten antes que formen las raíces; esto se logra manteniendo el aire circundante a las estacas, a una humedad relativa elevada (Hartman y Kester, 1991).

En el experimento de evaluación de rebrote con aplicación de una auxina natural en el *Quercus peduncularis* uno de los objetivos fue observar la relación entre la aparición de brote y la de raíz sin embargo se notó que en las estacas salieron retoños, pero no existía penetración y según la teoría mencionada se dice que para que existiera raíz es importante el nitrógeno y mantener hasta cierto tiempo la humedad sin permitir la pérdida de los rebrotes por lo que se concluye que en las estaquillas fue necesario agregarle más de los elementos de N y H₂O para que el suceso de existencia de raíz se dé.

4.2 Comprobación de hipótesis

Es necesario realizar pruebas que permitan tener bases científicas para la comprobación de cualquier investigación que se realice por lo que en este caso se analizaron los resultados que se esperaban tener con los datos cuantitativos que se obtuvieron para luego rechazar una de las dos hipótesis formuladas.

- **Hipótesis nula:**

La capacidad de rebrote de la especie encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) no será de un 80%, porcentaje basado en la revista ("Anales de ciencias naturales" Bonfil Consuelo 1998 pág. 125.), por lo menos en uno de los tres tratamientos con diferentes aplicaciones de una auxina natural a un nivel de significancia del 5%.

- **Hipótesis alternativa:**

La capacidad de rebrote de la especie encino (*Quercus peduncularis* Luis Née) no será de un 80%, porcentaje basado en la revista ("Anales de ciencias naturales" Bonfil Consuelo 1998 pág. 125.), por lo menos en uno de los tres tratamientos con diferentes aplicaciones de una auxina natural a un nivel de significancia del 5%.

4.2.1 Variables

- **Variable Independiente:**
 - ✓ Auxina natural de (lenteja *Lens culinaris*)
 - ✓ Dosis de 5,10 y 15 mililitros.
- **Variable Dependiente:**
 - ✓ Capacidad de Rebrote de estacas de *Quercus peduncularis*
 - ✓ Grosor de rebrote
 - ✓ Longitud de rebrote.
- **Criterio de comprobación de hipótesis basándonos en la prueba de Tukey**

$$w = q * \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

Se utilizó este tipo de comprobación para evaluar el margen de error de la investigación realizada, ya que es una de las pruebas experimentales que permiten ser elaboradas en los programas con base estadístico, brindando información sobre el nivel de significancia de la investigación sobre la capacidad de rebrote del encino *Quercus peduncularis* con aplicación de 3 dosis de una

auxina natural utilizando el porcentaje de estacas para aprobar o rechazar la hipótesis

Dónde:

q = es un valor que se obtiene de la (Tabla de Tukey), de manera parecida a la tabla de F.

Horizontalmente se coloca el número de los tratamientos y verticalmente los grados de libertad del error. Solamente existen tablas para niveles de significancia del 5% y del 1%.

El término que está dentro de la raíz cuadrada se llama error estándar de la media y es igual al cuadrado medio del error (obtenido en el ANDEVA), dividido entre el número de repeticiones.

4.2.2 Hipótesis nula aceptada.

Después de observar la experimentación se recabó la información de campo de la cual se procedió a tabular, analizar y procesar los datos, ya que, por medio de ello, permitió establecer la comprobación de hipótesis, para la misma se utilizó la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 0.05 equivalente al 5 % de error. Mismo que se trabajó a través del software IMB-SPSS con la cantidad de estacas que cada tratamiento presentó.

Comprobando que el p valor o significancia asintótica es de 0.124 el cual es mayor a 0.05 permitiendo a través de este resultado aceptar la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, dando a conocer que la aplicación de la auxina natural no tiene una significancia al 80% en la especie de encino ***Quercus peduncularis***.

Por lo que se acepta la hipótesis nula, ya que el criterio de p valor o significancia asintótica es de $0.124 > 0.05$, y de esta manera no existe diferencia significativa entre la capacidad de rebrote de los tratamientos aplicados y el testigo. Las operaciones que se realizaron a través del programa estadístico IBM-SPSS (Statistics) las cuales son evidencia de la decisión tomada se muestra en el cuadro de abajo.

Tabla 9 Prueba de Anova-Tukey (estacas que rebrotaron)

ANOVA-Tukey					
Estacas que Rebrotaron					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1.367	3	.456	1.957	.124
Dentro de grupos	27.000	116	.233		
Total	28.367	119			

Fuente: elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics), 15 de noviembre del 2020.

4.2.3 Hipótesis alternativa rechazada.

De acuerdo al análisis de los datos del experimento realizado y la comprobación de hipótesis a través de la prueba de Tukey, en el uso de la auxina natural en el *Quercus peduncularis* Luis Noé no existe diferencia significativa entre los tratamientos, ya que el p valor (significancia asintótica) es mayor que 0.05 el nivel de significancia. De esta manera, se rechaza la hipótesis alterna.

4.3 Discusión de resultados

La investigación experimental de la aplicación de tres dosis de auxina natural a base de lenteja las cuales fueron 15, 10 y 5 ml considerando un testigo en estacas de la especie *Quercus peduncularis* permitieron evaluar la capacidad de rebrote durante un tiempo de 40 días en donde se les aplicó 3 veces la auxina natural que fue a base de lenteja utilizando la prueba de Tukey a través del programa Statistics IBMSPSS para realizar los análisis estadísticos utilizando los rebrotes que se observaron la longitud, grosor y color.

Los tratamientos se dividieron por cantidad de aplicación, las estacas remojadas estuvieron 10 minutos sumergidas en el estimulante para luego plantarlas las no remojadas se les aplicó la auxina natural y fueron plantadas inmediatamente lo que permitió observar en los resultados que el método y tipo de concentración que más brotó fue en la dosis de 10 ml, ya que tiene un porcentaje de germinación del 59.09% demostrando que el proceso tendría un mayor resultado de germinación en la aplicación de una auxina natural, a comparación de la aplicación no remojada la cual mostró un % de rebrote de 50.91% en el tratamiento de 5 ml

Con relación a las características de los rebrotes de cada tratamiento se observó que el tratamiento que mostró un desarrollo en el crecimiento en longitud es el de 10 ml el cual tuvo una mejor frecuencia en las medidas de 8, 10, 11 y 12 mm teniendo un total de 16 brotes a comparación de los otros tratamientos que tienen más frecuencia en las alturas de 5, 4, 3 y 1 mm por lo que se define que el tratamiento más efectivo en crecimiento de longitud es el de 10 ml. Sin embargo, de forma general surgió una cantidad máxima de 1 mm con una repetición de 12 mm.

Ahora en el grosor de cada tratamiento se observó el que tuvo un mayor crecimiento de grosor en rebrotes es el de la dosis de 10 ml con una frecuencia de 19 rebrotes en la medida de 3 mm, seguido del de 5 ml que tuvo el mayor crecimiento de grosor en la medida de 5 mm con una frecuencia de 15 rebrotes.

A diferencia del otro método de 15 ml y el testigo de 0 ml tuvieron el mayor número de grosor de rebrote en las medidas de 3 y 1 mm con una frecuencia mínima a las mencionadas en los anteriores. Sin embargo, de forma general en toda la experimentación se notó que existió un mayor número de rebrote en la medida de 3 mm con una frecuencia de 50 repeticiones.

Con relación al color de los rebrotes en cada uno de los tratamientos se observó el color que más se presentó fue el rojo de la dosis de 0 ml con una repetición de 9 retoños, seguido de la dosis de 5 ml con el color verde y café teniendo una frecuencia de 7 rebrotes.

Conclusiones

La capacidad de rebrote de forma asexual del encino *Quercus peduncularis* con una auxina natural con aplicación de tres dosis diferentes bajo condiciones de microtúnel muestra que tiene un porcentaje menor a 80%, lo que indica que la aplicación del estimulante natural no afecta de manera significativa en las estacas.

Se observó que durante la experimentación y evaluación del porcentaje de rebrote del *Quercus peduncularis* en los tratamientos fue del 16.26% en la dosis de 15 ml, 32.52% en la dosis de 10 ml, 31.71% en la dosis de 5 ml y de 19.51% en el testigo los cuales demuestran que ningún tratamiento llegó a rebrotar ni el 50% esto indica que el porcentaje de rebrote fue bajo a lo que se esperaba, ya que se deseaba tener un rebrote de 25 estacas para considerar la aplicación de la auxina natural en las estacas esencial.

Las características de la investigación se identificó que la auxina natural a base de lenteja es un estimulante que permite la existencia de rebrotes sin embargo el tiempo que tardaron todos los tratamientos para rebrotar fue de 21 días siendo así el tiempo que necesitaron las estacas para permitir el brote de nuevas plantas, las formas observadas de los rebrotes de cada tratamiento fueron en la altura, grosor y color que éstos tuvieron, se identificó que la mayoría de retoños tenían una longitud de 1 mm, y que el grosor más común en toda la experimentación fue de 3 mm y con relación al color se presentaron 9 en total en todo el estudio, pero en el color que más se caracterizaron los rebrotes fue en el rojo.

La generación de rebrotes no tiene relación con la existencia de la raíz en las réplicas, observando en los tratamientos de 15,10,5 y 0 ml habían rebrotado estacas sin la formación de raicilla, ni en el testigo por lo que se comprueba que no necesariamente tiene que enraizar la estaca para rebrotar.

Recomendaciones

En la evaluación de la capacidad del rebrote de *Quercus peduncularis* a través de estacas con la aplicación de una auxina natural (lenteja) se notó que es necesario aplicarle una dosis de algún químico que estimule en un porcentaje mayor el rebrote de esta especie, ya que este árbol es muy preferido en el consumo de las personas para leña, lo que hace que esté disminuyendo cada día en la flora de los bosques de Totonicapán.

Al momento de querer obtener un porcentaje de rebrotes del 31.71% con la aplicación de una auxina natural (lenteja) en estacas de *Quercus peduncularis* se puede aplicar la dosis de 10 ml la cual fue la que mejor resultado presentó durante toda la experimentación y evaluación del estudio.

Para observar las características de los estudios, son determinar en cada tratamiento el tiempo, color, cantidad, tamaño y forma que presenta cada rebrote de la especie y considerar una constante supervisión y monitoreo del experimento dentro del microtúnel para que se lleve un control y registro de los cambios que presenta.

Se recomienda que se compare paralelamente la influencia y reacción de un enraizante químico asociado a la experimentación de la aplicación de la auxina natural en la especie del *Quercus peduncularis* para evaluar si las estacas teniendo raíz tienen un porcentaje mayor de rebrote.

Referencias Bibliográficas

- Aldana, M. (2015). La multiplicación por estaca o enraizamiento de ramilla. *MIDAS de USAID*, 60.
- Badilla, M. (2005). Establecimiento de jardines clonales . *Revista Forestal*, 2-6.
- Cañizares, J. (1972). Reproduccion y multiplicación de plantas superiores. *Revista forestal*, 67.
- Castillo, A. (1988). *Enraizamiento de cedrelinga cateniformis Ducke aplicado*. Guatemala: Facultad de Agronomía.
- Constituyente, D. (1985). Juridico. *Juridico*, 67.
- Cuculiza, P. (1956). Propagación de plantas . En C. Perez, *Propagación de plantas* (pág. 78). Lima Perú: Villanueva.
- Diputados. (1996). *Guatemala Patente nº 101-96*.
- FAO. (5 de mayo de 1986). *Organización Alimenticia Formulada*.
- Flores, C. (1990). *El consumo de la leña en las industrias raras de las zonas sur de honduras*. Honduras: CATIE.
- Flores, Y. (2004). *Guía para el reconocimiento de regeneración natural* . Guatemala: Agripos.
- Gill, O. (1998). Efectos de la intensidad de la luz . *Tiempos de germinación*, 88.
- Hartmann, H. (1995). *Propagación de plantas* . Mexico: 4.
- Labrada, R. (1996). Estudios de malezas para países de desarrollo. *Organizacion de las Naciones Unidas*, 116.

Lecourt, M. (1981). El estaquillado, guía practica de la multiplicación de plantas.

Trato de plantas.

Orozco, E. (2009). *Fisiología y reguladores de crecimiento.* Guatemala:

Publicaciones Plantas y vida.

Porras, E. M. (7 de octubre de 1993). Evaluación del acido 2,4-diclorofenoxiacetico, el acido fosfórico y un extracto de corteza de sauce como agente enraizantes. *Prensa Forestal*, pág. 67.

Glosario

Andema: análisis de varianza que se utiliza para analizar resultados de experimentos en los que se han utilizado diseños como el Diseño Completamente al Azar (DCA), en experimentos factoriales con diseño DCA y en el diseño de Bloques Completos al Azar (BCA).

Asexual: que se produce sin intervención de gametos masculinos y femeninos.

Arraigan: afincarse de modo permanente, afianzarse, ganar firmeza o echar raíces.

Aunado: este verbo alude a reunir, juntar, armonizar o sumar diferentes elementos para satisfacer un determinado objetivo.

Auxina natural: hormona vegetal que regula el crecimiento de las plantas.

Basipetalmente: aplicase al desarrollo de ciertos órganos que crecen exageradamente por la base, quedando estacionada por la parte terminal.

Bisel: corte oblicuo en el borde de una superficie.

Caulinares: perteneciente o relativo al tallo. Se opone a basilar, ver radical.

Cambium: origina dos capas de células adultas. La primera, hacia el interior, es de leño (xilema); estas son las que forman la madera y se reconocen luego como anillos de crecimiento de esta.

Codominante: la herencia intermedia se produce cuando ambos alelos expresan por igual su información, es decir el resultado de esta cruce será un heterocigoto el cual presenta un fenotipo con características intermedias de ambos progenitores.

Estigma: parte del gineceo de las flores que recibe el polen durante la polinización.

Fragmentación: algunos parásitos tienen una reproducción asexual por fragmentación.

Fitohormonas: son sustancias producidas por células vegetales ubicadas mayormente en las hojas de la planta y que actúan sobre otras células como mensajeras químicas.

Giberelinas: las **giberelinas** (GAs) son hormonas de crecimiento diterpenoides tetracíclicos involucrados en varios procesos de desarrollo en vegetales.

Hábitat: conjunto de factores físicos y geográficos que inciden en el desarrollo de un individuo, una población, una especie o grupo de especies determinados.

Hectárea: medida de superficie, de símbolo *ha*, que es igual a 100 áreas.

Meristemática: dentro de los tejidos vegetales, los tejidos meristemáticos (del griego *μεριστός* “divisible”) son los responsables del crecimiento vegetal.

Microclima: Conjunto de las condiciones climáticas particulares de un lugar determinado, resultado de una modificación más o menos acusada y puntual del clima de la zona en que se encuentra influido por diferentes factores ecológicos y medioambientales.

Ortotrópicos: tiene dos o tres ejes ortogonales entre sí, de doble simetría rotacional, de forma que sus propiedades mecánicas son, en general, diferentes en las direcciones de cada uno de esos ejes.

Totipotencia: es la habilidad de una célula para dividirse y producir todas las células diferentes en el organismo. Ejemplos de células **totipotentes** son las esporas y el cigoto. En el espectro potencial, la **totipotencia** representa a la célula con la mayor capacidad de diferenciación.

Vicarianza: separación de un grupo de organismos por una barrera geográfica, lo que resulta en la diferenciación del grupo original como nuevas variedades o especies.

Unisexual: que tiene órganos de reproducción solo masculinos o solo femeninos.

Apéndices



Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Totonicapán



Departamento de Ejercicio Profesional Supervisado

Ingeniería Forestal

Tabla 10 Boleta de campo

Boleta de campo					
Observaciones de la siembra de estacas.	Variables	Tratamientos			
		T1	T2	T3	T4
1-7 días	Rebrote				
	Tiempo				
	Características de los rebrotes				
Evaluaciones de la capacidad de rebrote de las estacas.	Variables	Tratamientos			
		T1	T2	T3	T4

7-14 días	Rebrote				
	Tiempo				
	Característica de los rebrotes				
14-21 días	Rebrote				
	Tiempo				
	Características de los rebrotes				
21-28 días	Rebrote				
	Tiempo				
	Características de los rebrotes				
28-40 días	Sobrevivencia de los rebrotes.				

Fuente: elaboración propia 13 de octubre 2019.



Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Totonicapán

Departamento de Ejercicio Profesional Supervisado

Ingeniería Forestal

Objetivo: registrar información sobresaliente de los tratamientos que se evaluarán con la especie de encino (*Quercus peduncularis* Luis Née).

Tabla 11 Ficha de registro

Ficha de Registro			
Nombre:		Fecha:	Hora de inicio: Hora de final:
Tratamiento	Observaciones	Características de los T.	Actividad realizada

Inconvenientes			

Fuente: elaboración propia 13 de octubre 2019.

Tabla 12 Longitud de rebrotes generales.

Tabla resumen de Longitud de rebrotes							
Recuento			Tratamiento aplicado				Total
			15 ml	10 ml	5 ml	0 ml	
Longitud de rebrotes	1 mm	1	2	2	7	12	
	2 mm	0	0	4	2	6	
	3 mm	3	2	4	2	11	
	4 mm	3	0	3	2	8	
	5 mm	1	0	6	1	8	
	6 mm	1	2	4	2	9	
	7 mm	0	3	4	1	8	

mm					
8 mm	0	4	0	1	5
9 mm	2	1	3	0	6
10 mm	1	4	3	1	9
11 mm	1	4	2	0	7
12 mm	2	4	1	1	8
13 mm	0	0	0	1	1
14 mm	1	1	0	0	2
15 mm	1	2	1	1	5
16 mm	1	2	0	0	3
17 mm	1	1	0	0	2

18 mm	0	1	0	0	1
20 mm	0	1	0	1	2
21 mm	0	0	0	1	1
22 mm	0	1	1	0	2
23 mm	0	2	0	0	2
26 mm	0	1	0	0	1
30 mm	1	1	1	0	3
34 mm	0	1	0	0	1
Total	20	40	39	24	123

Fuente: De elaboración propia, software IBM-SPSS (Statistics) ,14 de noviembre del 2020

Tabulación de datos del tratamiento de 15 ml.

Tratamiento 1 – remojado				
Núm. de estaca	Longitud de rebrote mm	Grosor de rebrote mm	Dosis ml	Color
1	0	0	15	Ninguno
2	9	3	15	Rojo/blanco/verde
2	6	2	15	Rojo/verde
2	14	3	15	Rojo/blanco/verde
3	0	0	15	Ninguno
4	17	4	15	Rojo/blanco/verde
4	3	2	15	Verde

4	4	3	15	Verde/café
5	0	0	15	Ninguno
6	0	0	15	Ninguno
7	0	0	15	Ninguno
8	0	0	15	Ninguno
9	0	0	15	Ninguno
10	0	0	15	Ninguno
11	0	0	15	Ninguno
12	0	0	15	Ninguno
13	15	3	15	Rojo/verde
14	0	0	15	Ninguno
15	0	0	15	Ninguno

Fuente: elaboración propia 12 de noviembre del 2020

Tratamiento 1 - no remojado

Núm. de estaca	Longitud de rebrote en mm	Grosor de rebrote en mm	Dosis ml	Color
1	0	0	15	Ninguno
2	16	3	15	Blanco/verde
3	3	2	15	Verde
3	10	3	15	Verde/rojo
3	3	1	15	Verde/café
4	9	3	15	Rojo/verde
5	0	0	15	Rojo
6	0	0	15	Ninguno
7	30	3	15	Blanco/rojo
7	4	2	15	Blanco/rojo

7	4	1	15	Rojo/verde
7	5	2	15	Rojo/verde
8	0	0	15	Ninguno
9	0	0	15	Ninguno
10	0	0	15	Ninguno
11	0	0	15	Ninguno
12	0	0	15	Ninguno
13	12	1	15	Rojo/verde
14	0	0	15	Ninguno
15	11	3	15	Verde/blanco
15	1	1	15	Rojo
15	12	3	15	Verde/blanco

Fuente: elaboración propia 12 de noviembre del 2020

Tabulación de datos del tratamiento de 10 ml.

Tratamiento 2 - No remojado			
Núm. de estaca	Longitud de rebrote mm	Grosor de rebrote mm	Dosis ml
1	18	3	10
1	15	3	10
2	0	0	10
3	23	4	10
4	0	0	10
5	0	0	10
6	0	0	10
7	15	3	10
7	10	3	10
7	9	2	10

8	0	0	10
9	12	2	10
9	30	3	10
10	23	2	10
10	7	2	10
10	10	2	10
11	0	0	10
12	0	0	10
13	22	4	10
13	1	1	10
14	20	3	10
15	0	0	10

Fuente: elaboración propia 12 de noviembre del 2020.

Tabulación de datos del tratamiento de 10 ml remojado.

Tratamiento 2 – remojado				
Núm. de estaca	Longitud de rebrote en mm	Grosor de rebrote en mm	Dosis ml	Color
1	0	0	10	0
2	3	1	10	Rojo
2	14	3	10	Rojo/verde
2	1	1	10	Rojo
2	7	4	10	Rojo
3	0	0	10	Ninguno
4	0	0	10	Ninguno
5	7	2	10	Rojo
6	12	2	10	Café

6	8	2	10	Rojo
6	26	3	10	Blanco/rojo
6	34	2	10	Verde/rojo
7	12	3	10	Verde/café
7	8	3	10	Verde/café
7	3	1	10	Verde
8	0	0	10	Ninguno
9	11	2	10	Rojo/verde
9	16	3	10	Blanco/rojo/verde
9	11	4	10	Blanco/rojo/verde
10	11	3	10	Café
10	6	2	10	Café

10	10	3	10	Café
10	10	3	10	Café
11	0	0	10	Ninguno
12	8	3	10	Blanco/rojo/verde
12	17	4	10	Blanco/rojo/verde
13	8	3	10	Rojo/verde
13	11	3	10	Rojo/verde
13	6	2	10	Rojo/verde
14	16	3	10	Blanco/rojo/verde
14	12	3	10	Café/rojo
15	0	0	10	Ninguno

Fuente: elaboración propia 12 de noviembre del 2020.

Tabulación de datos del tratamiento de 5 ml

Tratamiento 3 - no remojado

Núm. de estaca	Longitud de rebrote mm	Grosor de rebrote mm	Dosis ml	Color
1	1	1	5	Rojo
1	1	1	5	Rojo
1	2	2	5	Café
1	9	4	5	Rojo/verde
1	10	3	5	Verde/rojo
1	7	3	5	Rojo/verde
2	0	0	5	Ninguno
3	0	0	5	Ninguno
4	0	0	5	Ninguno

5	6	3	5	Verde/rojo
6	12	2	5	Verde/café
6	7	2	5	Verde/rojo
6	9	3	5	Blanco/rojo
6	5	2	5	Blanco/rojo
7	0	0	5	Ninguna
8	0	0	5	Ninguna
9	0	0	5	Ninguna
10	11	3	5	Verde/rojo
11	0	0	5	Ninguna
12	5	2	5	Verde
12	10	3	5	Verde
12	5	2	5	Verde

12	3	3	5	Verde
12	9	2	5	Blanco/rojo
12	4	1	5	Verde/café
12	7	2	5	Verde/café
12	6	3	5	Café
12	3	1	5	Café
12	3	1	5	Verde
13	0	0	5	Ninguno
14	22	3	5	Blanco/rojo/verde
14	15	3	5	Blanco/rojo/verde
15	5	2	5	Rojo/blanco/verde

15	10	3	5	Rojo/blanco/verde
15	6	3	5	Rojo/blanco/verde
15	11	2	5	Rojo/blanco/verde

Fuente: elaboración propia 12 de noviembre del 2020.

Tabulación de datos del tratamiento de 5 ml no remojado.

Tratamiento 3 - no remojado

Núm. de estaca	Longitud de rebrote en mm	Grosor de rebrote en mm	Dosis ml	Color
1	1	1	5	Rojo
1	1	1	5	Rojo
1	2	2	5	Café

1	9	4	5	Rojo/verde
1	10	3	5	Verde/rojo
1	7	3	5	Rojo/verde
2	0	0	5	Ninguno
3	0	0	5	Ninguno
4	0	0	5	Ninguno
5	6	3	5	Verde/rojo
6	12	2	5	Verde/café
6	7	2	5	Verde/rojo
6	9	3	5	Blanco/rojo
6	5	2	5	Blanco/rojo
7	0	0	5	Ninguno
8	0	0	5	Ninguno

9	0	0	5	Ninguno
10	11	3	5	Verde/rojo
11	0	0	5	Ninguno
12	5	2	5	Verde
12	10	3	5	Verde
12	5	2	5	Verde
12	3	3	5	Verde
12	9	2	5	Blanco/rojo
12	4	1	5	Verde/café
12	7	2	5	Verde/café
12	6	3	5	Café
12	3	1	5	Café
12	3	1	5	Verde

13	0	0	5	Ninguno
14	22	3	5	Blanco/rojo/verde
14	15	3	5	Blanco/rojo/verde
15	5	2	5	Rojo/blanco/verde
15	10	3	5	Rojo/blanco/verde
15	6	3	5	Rojo/blanco/verde
15	11	2	5	Rojo/blanco/verde

Fuente: elaboración propia 12 de noviembre del 2020.

Tabulación de datos del testigo.

Testigo - sin dosis				
Núm. de estaca	Longitud de rebrote en mm	Grosor de rebrote en mm	Dosis ml	Color
1	0	0	0	0
2	3	2	0	Verde/café
2	2	2	0	Verde/café
2	6	2	0	Verde/café
3	0	0	0	Ninguno
4	0	0	0	Ninguno
5	0	0	0	Ninguno
5	0	0	0	Ninguno
6	0	0	0	Ninguno

Testigo - sin dosis

7	0	0	0	Ninguno
8	5	3	0	Verde
8	6	3	0	Verde
8	15	3	0	Verde
8	8	2	0	Verde
8	12	2	0	Verde
8	13	3	0	Verde
9	0	0	0	Ninguno
10	0	0	0	Ninguno
11	0	0	0	Ninguno
12	0	0	0	Ninguno
13	1	1	0	Rojo

Testigo - sin dosis

13	1	1	0	Rojo
13	1	1	0	Rojo
13	1	1	0	Rojo
13	4	2	0	Verde/rojo
13	10	3	0	Verde/blanco
13	21	3	0	Verde/blanco
14	0	0	0	Ninguno
15	1	1	0	Rojo
16	1	1	0	Rojo
17	1	1	0	Rojo
18	7	3	0	Café

Testigo - sin dosis

19	2	1	0	Rojo
19	3	2	0	Café
19	4	1	0	Rojo/verde
19	20	3	0	Rojo
20	0	0	0	Ninguno
21	0	0	0	Ninguno
22	0	0	0	Ninguno
23	0	0	0	Ninguno
24	0	0	0	Ninguno
25	0	0	0	Ninguno
26	0	0	0	Ninguno
27	0	0	0	Ninguno

Testigo - sin dosis				
28	0	0	0	Ninguno
29	0	0	0	Ninguno
30	0	0	0	Ninguno

Fuente: elaboración propia 12 de noviembre del 2020.

FIGURAS

Figura 24 Elaboración de microtunel en el paraje de Pacoc 1.

Fuente: elaboración propia 16 de septiembre del 2020.



Figura 25 Elaboración de microtunel en el paraje Pacoc 2

Fuente: elaboración propia 16 de septiembre del 2020.



Figura 26 Preparación de auxina.

Fuente: elaboración propia 17 de septiembre del 2020.



Figura 27 Extracción de estacas

Fuente: elaboración propia 24 de octubre del 2020.



Figura 28 Desinfección y aplicación de auxina natural

Fuente: elaboración propia 24 de septiembre del 2020.



Figura 28 Rebrote en estacas de dosis de 10 ml

Fuente elaboración propia 19 de octubre del 2020.



Figura 29 Rebrote en estaca de dosis de 5 ml

Fuente elaboración propia 19 de octubre del 2020.