



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
UNIDAD DE POSGRADO
MAESTRÍA EN MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE

Proyecto de Investigación previa a la
obtención del Grado Académico
Magíster en Manejo Forestal
Sostenible.

TEMA:

**“EFECTOS DE LA INOCULACIÓN DE RIZOBACTERIAS SOBRE EL
CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE *Tectona grandis* L. f. (TECA).”**

AUTOR

Ing. Renzo Stalin Gaibor Mestanza.

DIRECTOR

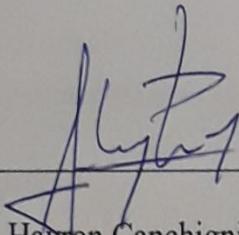
Ing. Hayron Fabricio Canchignia Martínez, PhD.

Quevedo – Ecuador

2020

CERTIFICACIÓN

El suscrito, Dr. Hayron Fabricio Canchignia Martínez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el Ing. Renzo Stalin Gaibor Mestanza, realizó el proyecto de investigación previo a la obtención del título de magister titulado, **“EFECTOS DE LA INOCULACIÓN DE RIZOBACTERIAS SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE *Tectona grandis* L. f. (TECA)** bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas.



Dr. Hayron Canchignia Martínez.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

AUTORIA

Yo, Renzo Stalin Gaibor Mestanza declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, y por la normatividad institucional vigente.

ING. RENZO STALIN GAIBOR MESTANZA

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mis padres Ab. Angel Gaibor L. y Lcda. Margoth Mestanza C. A mi esposa Lcda. Rosa Buenaire M. valerosa y dedicada que incentivó en mí el bien para la sociedad. A mis hijos Axel y Fátima Gaibor Buenaire.

AGRADECIMIENTO

El autor de la presente investigación quiere dejar constancia de su sincero agradecimiento a las personas que hicieron posible la culminación de la misma.

Agradezco a Dios por permitirme lograr esta meta en mi vida, también a mi familia ya que con su apoyo permitieron culminar mis estudios en esta etapa de cuarto nivel.

A mi Director de tesis, Dr. Hayron Canchignia Martínez, por su enseñanza, apoyo y amistad que hizo posible la exitosa culminación de este trabajo de investigación.

Al Sr. Luis Vera por su amistad, y apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

PRÓLOGO

El presente trabajo evalúa los “efectos de la inoculación de rizobacterias sobre el crecimiento de plántulas de *Tectona grandis* L. f. (TECA).”

El propósito del trabajo fue conocer el efecto de la aplicación de microorganismos PGPRs hacia las plántulas de *T. grandis* L. Esto ayuda a mantener un equilibrio biológico en la propagación de plantas de *T. grandis* en fase de viveros.

Las características morfológicas y fisiológicas permiten conocer el efecto de las aplicaciones de Rizobacterias y los demás tratamientos, en este contexto dispondrán una información adicional para futuras investigaciones en este campo.

Los microorganismos ayudan a mantener un entorno en la rizosfera y filosfera de la planta por ende se necesita conocer los efectos Los bosques se pueden restaurar y rehabilitar por medio de medidas de protección, en este contexto un plan de enriquecimiento de un bosque es una alternativa dentro de la protección de los bosques siempre verde.

Es necesario entender y comparar todas las variables y análisis de cálculo realizado mismas que se especifican las formas de aplicación, de tal modo que sea posible interpretar de la mejor manera la presente información.

Ing. Fernando Morejón Troya

RESUMEN

Las Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (por sus siglas en inglés PGPR) se han descrito por su capacidad de inducir en la planta resistencia y protección ante agentes patógenos y medio ambientales que atenúan contra su normal fisionomía, así también al desarrollo mediante el estímulo con fitohormonas. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar los efectos de la inoculación de microorganismos PGPR en el crecimiento *T. grandis*. Para ello se estableció un Diseño bloque completamente al Azar (DCA), con 4 tratamientos. Los tratamientos estuvieron constituidos por las siguientes formas de aplicación: **T1**= Edáfico, **T2**= Foliar, **T3**= Químico, **T4**= Control. Los Tratamiento estuvieron constituido por 4 repeticiones, cada repetición constó de 5 unidades experimentales. A partir de los 60 días después de la germinación se procedió a evaluar las variables morfológicas (número de hojas, diámetro del tallo, peso del tallo, peso radicular, peso foliar, longitud del tallo) y fisiológicas (concentración de clorofila). El promedio más alto de número de hojas fue de (7.5 y 7.4) correspondiente a los tratamientos 1 y 2 siendo superior a los tratamientos 3 y 4, en el diámetro del tallo los tratamientos 1 y 3 tuvieron un promedio mayor a los demás tratamientos con valores de (0.8 y 0.71 cm² respectivamente), sin embargo los tratamientos T1, T2, T3 tuvieron un mejor comportamiento en las variables de peso del tallo (2.65, 2.56, 2.51 g), peso radicular peso foliar (9.8, 8.8, 8.7 g), longitud del tallo (11.8, 11.7, 11 cm) que el tratamiento 4. En la concentración de clorofila, el tratamiento T3 fue superior a los tratamientos T1, T2, T4 con promedios de (6.16 mg/cm²).

Palabras clave:

Biofertilización, rizosfera, endófitos, Biodiversidad

ABSTRACT

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (by their initials in English PGPR) have been described for their ability to induce resistance and protection against pathogens and environmental agents in the plant that attenuate against its normal physiognomy, as well as development through stimulation with phytohormones. The present investigation aimed to evaluate the effects of the inoculation of PGPR microorganisms on the growth of *T. grandis*. For this, a Completely Random Design (DCA) is specified, with 4 treatments. The treatments established by the following forms of application: T1 = Edaphic, T2 = Foliar, T3 = Chemical, T4 = Control. The established treatments consisting of 4 repetitions, each repetition consisted of 5 experimental units. From 60 days after germination, morphological variables (number of leaves, stem diameter, stem weight, root weight, leaf weight, stem length) and physiological (chlorophyll concentration) will be evaluated. The highest average number of fuel leaves (7.5 and 7.4) corresponding to treatments 1 and 2 being higher than treatments 3 and 4, in the stem diameter treatments 1 and 3 had a higher average than the other treatments with values of (0.8 y 0.71 cm² respectively), however the treatments T1, T2, T3 had a better performance in the variables of stem weight (2.65, 2.56, 2.51 g), root weight, foliar weight (9.8, 8.8, 8.7 g), stem length (11.8, 11.7, 11 cm) than treatment 4. In chlorophyll concentration, treatment T3 was superior to treatments T1, T2, T4 with averages of (6.16 mg/cm²).

Keywords:

Biofertilization, rhizosphere, endophytes, Biodiversity.

INDICE

Contenido	Nº de Página
RESUMEN.....	Viii
ABSTRACT.....	Ix
INTRODUCCIÓN.....	Xiii
CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1.Ubicación y contextualización de la problemática.....	2
1.2. Situación actual de la problemática.....	3
1.3. Problema de investigación.....	4
1.3.1. Problema general.....	4
1.3.2. Problemas derivados	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. General.....	5
1.4.2. Específicos.....	5
1.5. Justificación.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.1. Fundamentación conceptual.....	8
2.1.1. Plantaciones forestales.....	8

2.1.2. <i>Tectona grandis</i>	8
2.1.3. Erosión.....	9
2.1.4. Monocultivo.....	10
2.1.5. Patógeno.....	10
2.1.6. Biofertilizante.....	11
2.1.7. Hongo.....	11
2.1.8. Bacteria.....	11
2.1.9. Rizobacteria.....	12
2.2. Fundamentación teórica.....	13
2.2.1. Caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de <i>Eucalyptus nitens</i>	13
2.2.2. Rizobacterias promotoras de crecimiento de <i>Guarianthe skinneri</i> .	14
2.2.3. La inoculación con <i>Glomus fasciculatum</i> en el crecimiento de cuatro especies forestales en vivero y campo.....	15
2.2.4. Efecto de rizobacterias en el enraizamiento de mini estacas en dos clones híbridos de <i>Eucalyptus spp</i>	16
2.3. Fundamento Legal.....	16
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
3.1. Tipo de investigación.....	19

3.2. Métodos de la investigación.....	19
3.3. Fuentes de recopilación de información.....	19
3.3.1. Materiales.....	20
3.4. Población y muestra.....	21
3.4.1. Población.....	21
3.5. Fuentes de recopilación de la información.....	22
3.6. Instrumentos de la investigación.....	22
3.6.1. Siembra del pre-inóculo bacteriano PGPRs.....	22
3.6.2. Crecimiento masivo de las Rizobacterias en medio alternativo M3.....	23
3.6.3. Germinación de <i>T. grandis</i>	23
3.6.4. Inoculación de PGPRs en plántulas de <i>T. grandis</i>	24
3.6.5. Cuantificación de clorofila.....	25
3.7. Variables a evaluar.....	25
3.8. Diseño experimental de la Investigación.....	26
3.8.1. Diseño para los datos morfológicos en plantas.....	26
3.8.2. Diseño para los datos de cuantificación de clorofila.....	27
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1. Número de hojas.....	29

4.2. Peso Foliar.....	30
4.3. Longitud del tallo.....	31
4.4. Diámetro del tallo.....	32
4.5. Peso radicular.....	33
4.6. Peso del tallo.....	34
4.7. Clorofila Total.....	35
4.8. Discusión.....	36
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
5.1. CONCLUSIONES.....	41
5.2. RECOMENDACIONES.....	42
CAPÍTULO VI REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	43
6.1. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	44
ANEXOS.....	45

FIGURAS

Nº de figura	Contenido	Nº de página
1	Localización de la ciudad de Quevedo con sus respectivas coordenadas.....	2
2	Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en el número de hojas en plantas de <i>T. grandis</i> . Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p<0.05$ (test Tukey).....	29
3	Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en el peso foliar en plantas de <i>T. grandis</i> . Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p<0.05$ (test Tukey).....	30
4	Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en la longitud del tallo en plantas de <i>T. grandis</i> . Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p<0.05$ (test Tukey).....	31
5	Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en el diámetro del tallo en plantas de <i>T. grandis</i> . Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p<0.05$ (test Tukey).....	

		32
6	Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en el peso radicular de <i>T. grandis</i> Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test Tukey).....	33
7	Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en el peso del tallo en plantas de <i>T. grandis</i> Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test Tukey).....	34
8	Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en contenido de clorofila de <i>T. grandis</i> Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test Tukey).....	35

TABLAS

Nº de tabla	Contenido	Nº de página
1	Tratamientos evaluados en la investigación.....	26

2	Esquema del Análisis de Varianza de datos morfológicos en plantas.....	27
3	Esquema del Análisis de Varianza de los datos de cuantificación de clorofila.....	27

ANEXOS

Nº de anexo	Contenido	Nº de página
1	Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico.....	53

2	Metodología para la preparación del bioproducto bacteriano PGPRs.....	54
3	Plántulas de <i>T. grandis</i> en estado de crecimiento.....	54
4	Evaluación de las características morfológicas de <i>T. grandis</i>	55
5	Efectos de la aplicación del Bioproducto durante los 90 días. 1) Edáfico 2) Testigo sin aplicación 3) Foliar 4) Químico.....	55

INTRODUCCIÓN

La teca (*Tectona grandis*) es un árbol frondoso de la familia de las Verbenaceas que alcanza hasta 30 m de altura. Nombrada como la Reina de las maderas, entre los conocedores, pues su apariencia se hace más bella con el paso de los años y tiene la capacidad de no dañarse cuando entra en contacto con metales, lo que la hace muy valiosa para la fabricación de muebles de alto valor y embarcaciones lujosas. Es nativo de la India, Birmania, Laos y Tailandia, tiene una larga historia de ordenación sistemática. Se

introdujo en Indonesia (Java) hace cientos de años y las más antiguas plantaciones de teca en Sri Lanka se han documentado a fines del siglo XVII. Los primeros sistemas intensivos de ordenación de los bosques naturales se desarrollaron hace unos 150 años en Myanmar, desde donde la ordenación activa de la especie pasó a la India y Tailandia durante un período de unos 40 años (Cobeña y Alfonso, 2007).

De acuerdo a la Asociación Ecuatoriana de Productores y Comercializadores de Teca y Maderas Tropicales (ASOTECA) existirían 200 mil hectáreas de este árbol en el Ecuador. En tanto, a largo plazo, productores y empresarios madereros proyectan contar con cerca de un millón de hectáreas de plantaciones forestales de teca entre 2032 y 2042. Más del 90 por ciento de esas plantaciones están en Guayas, Manabí, Esmeraldas y Los Ríos (Loayza-Farah, 2014).

La madera de teca es de albura blanquecina y duramen amarillento o bronceo. La fibra es generalmente recta, aunque en raras ocasiones puede presentar fibra ondulada que es habitual de la procedente de la India (Vásquez y Ugalde, 1995).

Las Enfermedades que más afectan a la Teca se presentan en fase de vivero porque atacan a las raíces, hojas y tallo del árbol, y son las que mayores daños causan a las plantaciones de Teca estas enfermedades son ocasionadas por los hongos de podredumbre y bacterias, afectan a la calidad del producto final, pues la temperatura y humedad de las zonas de cultivo son las idóneas para el desarrollo de todo tipo de fitopatógenos.

Entre los factores limitantes más importantes para la especie se consideran los suelos poco profundos, compactados o arcillosos, con bajo contenido de calcio o magnesio, mal drenaje y altitudes mayores a 1000 m.s.n.m. Si estas condiciones no se cumplen, se

obtiene una madera de menor calidad y menor valor comercial. Las mejores maderas de teca provienen de árboles "viejos" por encima de 20 años de edad al ser cortados (Ugalde *et al.*, 2015).

En el medio edáfico, ocurren una serie de relaciones de alimentación, muerte, degradación y convivencia a través de la interacción de sus componentes (partículas minerales, materia orgánica, organismos vivos, gases y agua. Los organismos vivos, fundamentalmente los microorganismos, juegan un papel primordial en la dinámica de las transformaciones que allí ocurren. Se ha demostrado, que la distribución de las bacterias está altamente organizada, y que esta estructuración es importante para la funcionalidad del suelo; la presencia de raíces, pequeños agregados, nutrientes, poros, entre otros, son factores que parecen gobernar la distribución de las bacterias en los micro hábitats (Reyes *et al.*, 2008). Las poblaciones de microorganismos alrededor de las raíces alcanzan cifras de cientos de millones de células por cm³, densidad que resulta unas 10 a 1000 veces mayor que la parte no rizosférica. Se calcula que el suministro de compuestos orgánicos a la zona de las raíces es de entre 50 y 100 mg de materia orgánica por gramo de raíz (Loredo-Osti *et al.*, 2004).

Las Bacterias Promotoras del Crecimiento incluyen aquellas bacterias que controlan fitopatógenos, ya sea produciendo sustancias inhibitorias o incrementando la resistencia natural de la planta y a las que se les denominan biocontrol. Esta forma de clasificación permite la inclusión en el primer grupo a aquellas bacterias asociativas, fijadoras de nitrógeno. La polémica en cuanto a los términos continúa y por el momento, se sigue reconociendo, de forma general, a este tipo de bacterias beneficiosas como PGPR (Pulido *et al.*, 2002)

La utilización de un bioproducto bacteriano ayuda a desarrollar nuevas alternativas de control a plagas y enfermedades, además ayuda al desarrollo de la planta por la producción de fitohormonas, vitaminas, enzimas, etc. El bioproducto en fase de experimentación de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, son aisladas de la rizosfera de Musáceas de diferentes suelos de la región de Los Ríos, Cotopaxi y Bolívar. Mediante pruebas bioquímicas y moleculares se identifica las diferentes especies de rizobacterias. Se establece una cinética de crecimiento bacteriano donde diferentes medios de cultivo fueron probados para obtener el cultivo óptimo para la fabricación del bioproducto (Arteaga, 2018).

El presente trabajo tiene la finalidad de minimizar el empleo de agroquímicos para la multiplicación y producción de *T. grandis* mediante la aplicación de un bioproducto en estado de investigación biológico elaborado en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo que promueve el desarrollo de las plantas y brinda protección continua ante los agentes patogénicos y el déficit hídrico.

CAPÍTULO I.

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Ubicación y contextualización de la problemática

La investigación se desarrolló en Quevedo, que está situado en la provincia de Los Ríos, cuenta con una población de 173.575 habitantes, su actividad económica principal es la agropecuaria. Es la cabecera cantonal del cantón Quevedo y la ciudad más grande y poblada de la provincia de Los Ríos, se encuentra situado en el corazón del Litoral, por su posición geográfica y vial privilegiada ha beneficiado al país, además permite un intenso tráfico terrestre y fluvial. Posee un clima que beneficia para el cultivo. Es una población situada en las orillas del río Quevedo en el sector denominado "Las lomas". Se encuentra ubicada al $1^{\circ} 20' 30''$ de Latitud Sur y los $79^{\circ} 28' 30''$ de Longitud occidental, dentro de una zona subtropical (INEC, 2010), (FIGURA1).



Localización de la ciudad de Quevedo con sus respectivas coordenadas

1.2. Situación actual de la problemática

Según datos oficiales, Ecuador cuenta con alrededor de 50 mil hectáreas de teca, sin embargo, de acuerdo a la ASOTECA existirían 200 mil hectáreas de este árbol. Los datos discordantes entre el MAGAP y ASOTECA responden a un sub-registro y falta de datos actualizados. Más del 90 por ciento de esas plantaciones están en Guayas, Manabí, Esmeraldas y Los Ríos. En tanto a largo plazo, productores y empresarios madereros proyectan contar con cerca de un millón de hectáreas de plantaciones forestales de teca entre 2032 y 2042.

Las Enfermedades que más afectan a la Teca se presentan en fase de vivero y son las ocasionadas por los hongos de podredumbre y bacterias, que afecta a la calidad del producto final porque atacan a las raíces, brotes, hojas y tallo del árbol, y son los que mayores daños causan a las plantaciones de Teca, pues la temperatura y humedad de las zonas de cultivo son las idóneas para el desarrollo de todo tipo de hongos (Franco-Díaz, 2015).

En una plantación de monocultivo de teca no existen animales y la microfauna se ve afectada. Los árboles de teca no interactúan de manera positiva con el medio ambiente, pues al ser de rápido crecimiento absorben grandes cantidades de agua y de nutrientes, además de necesitar agrotóxicos (Gómez y Gómez, 2013)

1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de las plantas jóvenes de teca inoculadas con rizobacterias promotoras del crecimiento?

1.3.2. Problemas derivados

- ¿Cuál es la respuesta morfológica de las plántulas ante la inoculación?
- ¿Qué bacterias interfieren en el crecimiento y vigor de las plantas?
- ¿Las plantas sometidas a inoculaciones bacterianas en fase de vivero tienen mejor desarrollo que las plantas con fertilizantes químicos?

1.3.3. Delimitación del problema

- **Campo:** Ciencias Forestales
- **Área:** Biotecnología
- **Aspecto:** Microbiología del suelo
- **Tiempo:** 6 meses.

- **Línea de investigación:** Agricultura, silvicultura y producción animal.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Evaluar los efectos de la inoculación de rizobacterias sobre el crecimiento de plántulas de *T. grandis*.

1.4.2. Específicos

- Examinar la respuesta morfológica de las plántulas de *T. grandis* ante la inoculación de rizobacterias.
- Analizar los niveles de clorofila ante la aplicación de bioproducto y fertilizante químico.

1.5. Justificación

Las plántulas de *T. Grandis* L. f. en etapas de vivero están sometidos a diferentes stress, reduciendo su potencialidad genética, esto afecta al momento de su trasplante a campo, debido a que las plantas no soportan las condiciones ambientales causando la muerte, para esto los viveristas utilizan productos agroquímicos, pero su uso constante y excesivo permite la resistencia de patógenos y contaminación ambiental, aquello tiene como efectos una desestabilidad de los enemigos naturales, degradación de los suelos, contaminación de los acuíferos, etc.

El desconocimiento del efecto de las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en el crecimiento de *T. Grandis* L. f. genera muchas interrogantes en la investigación, las PGPR ayuda al desarrollo y crecimiento de la planta por la interacción rizobacteria-planta, esta interacción permite la activación de mecanismos de defensa conocido como: (SAR) y (ISR) para la producción de metabolitos secundarios (quitinasas, glucanasas, catalasa), fitohormonas (AIA, giberelina, citoquininas, jasmonato, Etileno, Ácido Salicílico), compuestos anti-stress (ACCsa, exopolisacáridos). Este estudio permitirá evaluar las características morfológicas y fisiológicas de *T. Grandis* L. f. en la etapa de vivero mediante el uso de PGPR, determinantes para la protección y crecimiento fisiológicos.

CAPÍTULO II.
MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

2.1.1. Plantaciones forestales

Las plantaciones forestales representan una alternativa económica y de beneficio social, porque cumplen la función de proteger el ambiente, al disminuir la presión existente sobre el bosque natural. Adicionalmente, estas contribuyen significativamente en el funcionamiento de los procesos ecológicos, paisajísticos, de protección de suelos (control de erosión y ciclaje de nutrientes), agua y acumulación de carbono. Algunas experiencias demuestran que las plantaciones con especies nativas tienen un buen potencial para acelerar los procesos de recuperación de la biodiversidad en áreas degradadas. Las plantaciones mixtas, en comparación con las plantaciones puras, promueven la regeneración de una mayor diversidad de especies en el sotobosque, al crear una mayor variabilidad en el hábitat y un microclima que favorece a los dispersores y a la adaptabilidad de especies para la germinación y crecimiento (Flinta, 2006).

2.1.2. *Tectona grandis*

T. grandis es un árbol frondoso de la familia de las verbenaceas que alcanza hasta 30 m de altura. Su apariencia se hace más bella con el paso de los años y tiene la capacidad de no dañarse cuando entra en contacto con metales, lo que la hace muy valiosa para la fabricación de muebles de alto valor y embarcaciones lujosas. Es nativo de la India, Birmania, Laos y Tailandia, tiene una larga historia de ordenación sistemática. Se introdujo en Indonesia (Java) hace cientos de años y las más antiguas plantaciones de teca en Sri Lanka se han documentado a fines del siglo XVII. Los primeros sistemas intensivos de ordenación de los bosques naturales se desarrollaron hace unos 150 años en Myanmar,

desde donde la ordenación activa de la especie pasó a la India y Tailandia durante un período de unos 40 años. Hoy día se encuentra la teca en muchos otros países asiáticos, y extensas plantaciones se han establecido también en África y América Central y del Sur. Se ha hecho evidente que la explotación de los bosques naturales no puede seguir respondiendo a la demanda de madera de teca, y la insuficiencia previsible de este material ha avivado el interés por las plantaciones de teca (Tewari, 2001).

La teca tiene una densidad entre 650 y 750 kg/m³, con una media de 690 kg/m³ al 12% de humedad. Se considera una madera pesada y de dureza media. Tiene una resistencia media a la flexión, poca rigidez y resistencia al impacto, una resistencia alta a la comprensión y un grado moderado de doblado con vapor. La velocidad de secado de la madera de teca es lenta y varía en función de la densidad. En general, se trabaja bastante bien tanto a mano como a máquina, aunque el aserrado y cepillado de la madera desgasta rápidamente las herramientas a causa de su alto grado en sílice. El encolado presenta dificultades elevadas debido a su alto contenido en oleorresinas (Alvarado y Fallas, 2004).

2.1.3. Erosión

La erosión es el desgaste o denudación de suelos y rocas que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra. La erosión implica movimiento, transporte del material, en contraste con la alteración y disgregación de las rocas, fenómeno conocido como meteorización y es uno de los principales factores del ciclo geográfico. Entre los agentes erosivos están la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos. La erosión produce el relieve de los valles, gargantas, cañones, cavernas y mesas, y puede ser incrementada por actividades humanas (Follett, 2012).

2.1.4. Monocultivo

El monocultivo se refiere a las plantaciones de gran extensión con el cultivo de una sola especie, con los mismos patrones, resultando en una similitud genética, utilizando los mismos métodos de cultivo para toda la plantación (control de plagas, fertilización y alta estandarización de la producción), lo que hace más eficiente la producción a gran escala. Casos frecuentes de monocultivo se dan con el eucalipto, pino, en el caso de árboles, o grandes plantaciones de cereal, soja, caña de azúcar, algodón, maíz lo cual produce la degradación del suelo debido a que estos solo absorben los nutrientes que consideran necesarios para su crecimiento, haciendo así, que el suelo pierda la fertilidad al acabarse con uno (o más) de sus nutrientes (Martínez, 2008).

2.1.5. Patógeno

Los patógenos son agentes infecciosos que pueden provocar enfermedades a su huésped. Este término se emplea normalmente para describir microorganismos como los virus, bacterias y hongos, entre otros. Estos agentes pueden perturbar la fisiología normal de plantas. Se denomina patógeno a todo agente biológico externo que se aloja en un ente biológico determinado, dañando de alguna manera su anatomía, a partir de enfermedades o daños visibles o no. A este ente biológico que aloja a un agente patógeno se lo denomina huésped, hospedador o también hospedante, en cuanto es quien recibe al ente patógeno (Nakata *et al.*, 2014).

2.1.6. Biofertilizante

Los biofertilizantes son productos a base de microorganismos benéficos para los suelos, formados especialmente bacterias y hongos. Estos microorganismos viven asociados o en simbiosis con las plantas y le ayudan a su proceso natural de nutrición, además de ser regeneradores de suelo (Borda-Molina *et al.*, 2009).

2.1.7. Hongo

Grupo de organismos eucariotas entre los que se encuentran los mohos, las levaduras y los organismos productores de setas. Se clasifican en un reino distinto al de las plantas, animales y protistas. Se distinguen de las plantas en que son heterótrofos; y de los animales que poseen paredes celulares, como las plantas, compuestas por quitina, en vez de celulosa. Se ha descubierto que organismos que parecían hongos en realidad no lo eran, y que organismos que no lo parecían en realidad sí lo eran, si llamamos "hongo" a todos los organismos derivados del que ancestralmente adquirió la capacidad de formar una pared celular de quitina (Vega y Romero, 2008).

2.1.8. Bacteria

Las bacterias son microorganismos procariotas que presentan un tamaño de unos pocos micrómetros (por lo general entre 0,5 y 5 μm de longitud) y diversas formas, incluyendo filamentos, esferas (cocos), barras (bacilos), sacacorchos (vibrios) y hélices (espirilos). Las bacterias son células procariotas, por lo que, a diferencia de las células eucariotas (de animales, plantas, hongos, etc.), no tienen el núcleo definido ni presentan, en general, orgánulos membranosos internos. Generalmente poseen una pared celular y esta se compone de peptidoglucano. Muchas bacterias disponen de flagelos o de otros sistemas

de desplazamiento y son móviles. Del estudio de las bacterias se encarga la bacteriología, una rama de la microbiología (Brinkmann *et al.*, 2004).

2.1.9. Rizobacteria

Se denomina rizobacterias a un tipo de bacteria que coloniza las raíces de algunas plantas en una relación simbiótica beneficiosa para ambas partes (mutualismo). Las rizobacterias de mayor interés para la agricultura son las fijadoras de nitrógeno, que se estima proveen el 65% de los requerimientos de este nutriente por los cultivos mundiales. Las rizobacterias fijadoras de nitrógeno más importantes son las *Azospirillum* y las *Bradyrhizobium*. Estas bacterias se incorporan a las semillas mediante la incorporación de los denominados inoculantes (Paredes-Mendoza y Espinosa-Victoria, 2010).

2.1.9.1. PGPR

Se denomina como PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria) a un conjunto de bacterias que habitan en la rizosfera de las plantas y que producen en ellas todo tipo de beneficios. Potencian su crecimiento, mejorando la disponibilidad o la absorción de minerales y otro tipo de compuestos (nitratos, fosfatos, etc.), ayudan a la producción de hormonas necesarias en el desarrollo de los vegetales (fitohormonas, giberelina). Además, protegen a plantas y cultivos contra posibles agentes patógenos y combaten la contaminación de los suelos, ya sea por contaminantes de tipo orgánico o inorgánico (Bhattacharyya y Jha, 2012).

2.9.1.2. Bioproducto

El bioproducto es producido a base de bacterias aisladas de la rizosfera de Musáceas de diferentes suelos de la región de Los Ríos, Cotopaxi y Bolívar. Mediante pruebas bioquímicas y moleculares se identifica las diferentes especies de rizobacterias. Se establece una cinética de crecimiento bacteriano donde diferentes medios de cultivo fueron probados para obtener el cultivo óptimo para la fabricación del bioproducto. El bioproducto es elaborado por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, actualmente se encuentra en fase de experimentación.

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de *Eucalyptus nitens*.

Se aislaron bacterias rizosféricas y endófitas a partir de rizósfera y tejidos de raíz de árboles de *Eucalyptus nitens* con el objetivo de evaluar su capacidad de promover el crecimiento en plántulas de la misma especie en condiciones de invernadero. Los aislamientos que incrementaron el crecimiento de las plántulas fueron identificados y caracterizados por su capacidad de producir ácido indolacético (AIA), solubilizar fosfato y expresar la 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) desaminasa. Los 105 aislamientos obtenidos fueron morfológicamente diferentes y solo 15 promovieron significativamente el crecimiento de plántulas de *E. nitens*. Los máximos incrementos observados fueron en el peso seco aéreo (142 %) y de la raíz (135 %); también aumentaron la altura de las plantas (50 %) y el largo de raíces (45 %) de las mismas. Las rizobacterias

pertencieron a los géneros *Arthrobacter*, *Lysinibacillus*, *Rahnella* y *Bacillus*. Los aislados identificados como *A. phenanthrenivorans* 21 y *B. cereus* 113 incrementaron la emergencia de *E. nitens* a los 12 días en un valor promedio de 3,15 veces con relación al control. *R. aquatilis* aislado 78 presentó la mayor producción de AIA ($97,5 \pm 2,87 \mu\text{g/ml}$) en presencia de triptófano y el mayor índice de solubilización de fósforo (2,4). *B. amyloliquefaciens* aislado 60 fue positivo para la actividad ACC desaminasa. Los resultados obtenidos indican el potencial de las rizobacterias estudiadas como promotoras de emergencia y crecimiento de plántulas de *E. nitens* y su posible uso como inoculantes, ya que presentan más de un mecanismo de acción asociado a la promoción del crecimiento (Angulo *et al.*, 2014).

2.2.2. Rizobacterias promotoras de crecimiento de *Guarianthe skinneri*

La orquídea *Guarianthe skinneri* está incluida en la norma NOM-059-ECOL-2010, estándar de México como una especie en peligro de extinción. Para estudiar PGPR (que promueve el crecimiento de las rizobacterias vegetales) de esta orquídea, se recolectaron 10 raíces de diferentes plantas para aislar bacterias asociadas con las raíces, que se analizaron mediante pruebas *in vitro* como: producción de AIA, fijación de nitrógeno, interacción con hongo micorrízico *Thanatephorus sp.* Cepa RG26 y solubilización de fosfato. Obtenemos 71 aislamientos bacterianos, 10 cepas de ellos se caracterizaron por secuenciación con el marcador de ADN_r 16d que identifica seis bacterias: *Sphingomonas sp.*, *Sinorhizobium sp.*, *Bacillus sp.*, *Nocardia cerradoensis*, *Bacillus megaterium* y *Burkholderia phytofirmans*. Observamos que la bacteria *Sinorhizobium sp.* produjo una mayor cantidad de AIA (69.189 $\mu\text{g} / \text{ml}$) y *Bacillus sp.* Se realizó mayor reducción de acetileno (10.251 nmol cultivo / 96h). En las interacciones de las bacterias y el hongo

RG26, se presentaron cuatro categorías (extremadamente positivas, positivas, antagonismo 50-50 e inhibición). En relación con la solubilización de fosfato, *Burkholderia phytofirmans* presentó un IS más alto después de 48 y 96 h con un IS de 3.11 y 3.48, respectivamente. Los resultados indican que *Bacillus sp.* Podría tener las mejores características para promover el desarrollo del *G. skinneri* mediante la inoculación de semillas y plántulas (Aguilar-Díaz *et al.*, 2018).

2.2.3. La inoculación con *Glomus fasciculatum* en el crecimiento de cuatro especies forestales en vivero y campo

La presente investigación se realizó para conocer la respuesta de 4 especies forestales a la aplicación del *Glomus fasciculatum* en vivero y campo. En la fase de vivero se evaluó diámetro basal, altura total, peso seco del follaje y radicular, absorción de nutrimentos en el follaje y el sistema radicular. En campo se cuantificó altura total, diámetro, y absorción de nutrimentos en el follaje. Los resultados mostraron que en vivero los mayores incrementos promedio, en los tratamientos inoculados, los registró *Astronium graveolens*, *T. grandis* y *Terminalia amazonia*, con 48,9, 35,2 y 30,6%, respectivamente; mientras que en *Gmelina arborea* el incremento fue de 16,9%. El mayor incremento se registró en el peso seco del follaje y en el radicular con 30,8 y 63%, respectivamente. En la absorción de nutrimentos el *Astronium graveolens* mostró diferencias en Mg, Cu, Zn, Mn y Fe, tanto en el follaje como en el sistema radicular; sin embargo, *Gmelina arborea* fue la especie que registró las concentraciones de nutrimentos superiores, aunque no significativas; las demás especies no registraron diferencias significativas. En el campo, en las plantas inoculadas, solamente *Gmelina arborea* reflejó diferencias significativas en diámetro y altura total, con un incremento de 37,9 y 31,7%, respectivamente. La absorción de

nutrimentos de *G. arborea*, *Astronium graveolens* y *Terminalia amazonia* fue en promedio 32,2, 19,8 y 6,6%, respectivamente, con una mayor absorción en Ca, Mn, K y Fe. La mortalidad en vivero fue nula, mientras que, en el campo, varió de acuerdo con la especie y el tratamiento. El aumento en el crecimiento de las 4 especies fue la tendencia común, a excepción de *T. grandis*, que en el campo no mostró resultados positivos (Hernández y Salas, 2009).

2.2.4. Efecto de rizobacterias en el enraizamiento de mini estacas en dos clones híbridos de *Eucalyptus spp.*

Mediante tres ensayos se evaluaron rizobacterias en el enraizamiento de mini estacas de dos clones híbridos de *Eucalyptus nitens* x *Eucalyptus globulus*. Los resultados de esta investigación confirmaron el positivo efecto de las rizobacterias en promover el enraizamiento, confirmando el potencial medioambiental y de bajo costo que esta estrategia implicaría para la industria forestal. Además, la identificación mostró a *Bacillus* y *Pseudomonas* como las bacterias con mayor efecto (González-Candía *et al.*, 2016).

2.3. Fundamento Legal

Art. 1.- El presente Acuerdo Ministerial tiene por objeto regular el manejo forestal de los bosques húmedos, utilizando los principios, criterios e indicadores establecidos para fomentar el manejo forestal sostenible. Para los fines de la presente norma, el Manejo Forestal Sostenible (MFS), se entiende como un concepto holístico y comprensivo, que toma en consideración el uso múltiple de los bosques y aspectos del paisaje y que está orientado a la obtención de beneficios de variados productos, bienes y servicios, con el fin de mejorar las condiciones y la calidad de vida de las personas sin poner en riesgo la

satisfacción de las mismas y de las generaciones futuras. Dos aspectos guiarán las intervenciones silviculturales: a) Resiliencia. - La capacidad del bosque de absorber cambios y persistir a pesar de ellos; y, b) Estabilidad. - La capacidad de volver a un estado de equilibrio después de una perturbación temporal. (Barruezueta, 2015)

Art. 2.- Esta norma se aplicará en los bosques húmedos ubicados en la región amazónica, en la provincia de Esmeraldas y otros lugares donde predomine este tipo de bosques, para lo cual se entenderá como bosque húmedo lo siguiente: Bosque húmedo. - Sistema dominado por árboles, los cuales interactúan entre sí con otros organismos cuya presencia y mezcla son determinadas, en buena medida, por el sitio (clima y suelos). Los árboles nativos húmedos se encuentran dentro de la zona climática húmeda (precipitación de más de 1500 mm/año, temperatura promedio anual superior a 18°C), y pueden variar por diferencias en variables climáticas (temperatura, precipitación) y en características del suelo (Físicas, químicas y biológicas). Están sujetos a las presentes normas, todas las personas naturales o jurídicas dedicadas a actividades de manejo forestal sostenible de bosques nativos húmedos (Barruezueta, 2015).

CAPÍTULO III.
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El proyecto de investigación fue de tipo experimental. Se realizó una caracterización a nivel morfológico y fisiológico los distintos tratamientos de *T. grandis* L f., mediante la aplicación de PGPRs, a su vez se comparó este trabajo con información existente en la literatura.

3.2. Métodos de la investigación

En la investigación se emplearon los métodos deductivos, analítico y de observación teniendo en cuenta la bibliografía mencionada en este proyecto.

Método deductivo: El método se inicia con el análisis de los teoremas, leyes, postulados y principios de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares.

Método analítico: Consiste en descomponer un objeto de estudio separando cada una de las partes del todo para estudiarlas en forma individual.

Método de observación: Consiste en saber seleccionar aquello que queremos analizar.

3.3. Fuentes de recopilación de información

Las fuentes utilizadas para la obtención de información fueron secundarias ya que se obtuvieron de: revistas, publicaciones científicas, libros y tesis.

3.3.1. Materiales

3.3.1.1. De campo

- Plástico negro
- Tierra
- Guantes
- Marcador
- Pala
- Semillas de *T. grandis* L. f.
- Fundas
- Machetes
- Manguera
- Cañas
- Bomba de agua
- Piolas
- Marcadores
- Cinta métricas

3.3.1.2. De Laboratorio

- Alcohol
- Mechero
- Toallas
- Micropipetas 20, 100, 1000 ul
- Agua
- Frascos Chop de vidrio
- Tubos eppendorf de 1 ml
- Purificador de agua
- Canecas de 20 lt
- Guantes
- Filtro de biofermentador
- Asa microbiológica
- Cajas Petri
- Algodón
- Puntas de micropipetas 20, 200, 1000 ul
- Algodón
- Gasa
- Marcador permanente
- Papel Parafilm

3.3.1.3. Equipos

- Nevera de -20 °C
- Balanza 0.001 g
- Vortex
- Biofermentadores de 60 lt
- pH-metro
- Microscopio
- Autoclave
- Centrífuga
- Estufa
- Microondas
- Cabina de flujo laminar

3.3.1.4. Reactivos

- Sulfato de Magnesio
- Fosfato di-potásico
- Peptona de carne
- Glicerol
- Ácido clorhídrico
- Hidróxido de sodio
- Harina
- Melaza
- Sal
- Bacto-Agar

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de la presente investigación es la extensión superficial total de plántulas de *T. grandis* que consistió en 300 plántulas, ubicada en el invernadero del laboratorio de biotecnología vegetal de la de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizado en el Campus Universitario “Manuel Haz Álvarez” ubicado en el km 1.5 vía Quevedo – Santo Domingo. Sus coordenadas geográficas son 01° 01” de latitud Sur y 79° 47” de longitud Occidental, ubicada a una altura de 73 msnm.

3.4.2. Muestra

De las 300 plántulas de *T. grandis*, se tomó 100 plántulas para el experimento, de acuerdo a lo establecido en el diseño experimental utilizado en esta investigación

3.5. Fuentes de recopilación de la información

Se utilizó libros, impresos y electrónicos, además de artículos científicos de investigaciones, para contextualizar teóricamente la investigación y contrastar los resultados en la discusión de los mismos. Además, los demás objetivos específicos requirieron de información contenida en los reportes del laboratorio sobre los análisis de cuantificación de clorofila

3.6. Instrumentos de la investigación

3.6.1. Siembra del pre-inóculo bacteriano PGPRs

Para la preparación del inóculo bacteriano se siguió la metodología de (Rodríguez, 2019), Se seleccionó cinco cepas bacterianas (*Pseudomonas protegens* cepa CHA0, *Pseudomonas veroni* cepa RE4, *Enterobacter absuriae* cepa PM3-14, *Acinetobacter calcoaceticus* cepa PM2-12, *Serratia Marescesens* cepa PM3-8) del banco germoplasma del laboratorio de microbiología molecular de la UTEQ, luego se tomó con ayuda de una micropipeta de precisión 20 µl de las PGPR en estudio y se procedió a incubar en un matraz Erlenmeyer conteniendo 50 ml de medio de cultivo King B líquido, (King et al. 1954) [(g/L): peptona, 20.0; glicerol, 15 ml; K₂HPO₄, 1.5; MgSO₄ x 7H₂O, 1.5; agua

destilada (pH 7.2)], esto se incubo en un shaker Benchmark incushaker® a 150 rpm en agitación constante a 26 °C por 18 horas.

3.6.2. Crecimiento masivo de las Rizobacterias en medio alternativo (M3).

Después de 16 horas de crecimiento celular, el pre-inoculo se transfirió a biofermentadores semi-industriales de 60 lt con medio de cultivo M3, (Rodríguez, 2018) [(g/L): harina de maíz, 20.0; sal en grano, 5.0; (ml/L): glicerina, 15 ml; melaza, 32.50; agua destilada (pH 6.5)], cada una de las cepas bacterianas crecieron en su respectivo biofermentador, el crecimiento bacteriano se desarrolló durante 48 horas. Concentración celular, se determinó por diluciones, en donde se colocaron 270 µl de H₂O estéril y 30 µl del cultivo en tubos eppendorf. Las placas fueron divididas en 6 sectores numerados donde se colocó cada una de las diluciones. Se surtieron 10 µl distribuidos en microgotas de cada una de las diluciones en una placa petri conteniendo 20 ml de medio de cultivo King B solido (King et al. 1954) [(g/L): peptona, 20.0; glicerol, 15 ml; K₂HPO₄, 1.5; MgSO₄ x 7H₂O, 1.5; agua destilada, agar 15.0 (pH 7.2)]. La microgota se colocó desde una altura de 2,5 cm; y se dispersó aproximadamente en un área de 1.5 a 2.0 cm de diámetro, las placas se las dejo en incubación por 24 horas y se realizó el conteo de colonias en las diluciones que formaron entre 30 y 300 colonias. Para determinar el número de células viables por ml se usó la siguiente formula: $UFC/ml = \text{Colonias enumeradas} / \text{ml sembrados} \times \text{Factor de dilución}$ (Miles y Misra, 1938; Sharpe y Kilsby, 1971).

3.6.3. Germinación de *T. grandis*

Las semillas de teca provienen del recinto “Pajarito” Cantón Mocache, Los Rios, Ecuador, previo a la siembra de la semilla se aplicó la técnica de escarificación mecánica que consistió en quitarle el pericarpio, después se sumergió en agua a temperatura ambiente en horas de la noche y en el día se expuso al sol durante cuatro días consecutivos (Sánchez-Soto *et al.*, 2016). Se usó de sustrato arena y tierra negra en proporción 1/3 como medio de germinación por su disponibilidad, seguidamente fue esterilizado durante dos semanas mediante solarización con el uso de polímero negro (plástico de color negro). Se formaron almácigos para la germinación de las semillas, a los 35 días fueron trasplantadas en fundas plásticas de 6 por 8 pulgadas llenadas con su respectivo sustrato.

3.6.4. Inoculación de PGPRs en plántulas de *T. grandis*

Se empleó una mix de las Rizobacterias en estudio con una concentración celular de $1 * 10^{10}$, esta concentración se la redujo al 20% con H₂O, con esta concentración se aplicó 10 ml/planta, estos 10 ml tuvieron distintas formas de aplicación, en el tratamiento foliar se aplicó la mix de rizobacteria rociando al tejido foliar con un atomizador, la forma de aplicación edáfica se realizó alrededor del suelo mediante una pipeta Pasteur de 5 ml, el tratamiento químico consistió en aplicar Kristalón 1.2 gr/lit, de esta solución se rociaba 10 ml a cada unidad experimental. Se realizó una fertilización a base de NPK (10-30-10) cuya dosis comprende de 6 g/planta, esta labor se realizó a los 40 días después de primera inoculación de las rizobacterias con la finalidad de aportar las necesidades nutritivas de la planta. El periodo de riego a las plantas fue de 2 veces por semana. Las aplicaciones de PGPRs se realizaron cada 15 días en un periodo de 2 meses.

3.6.5. Cuantificación de clorofila

Para la determinación de la concentración de clorofila se utilizó el método de extracción con etanol (Wintermans & De Mots, 1965), en discos foliares de 1.3 cm² tomados del sector foliar correspondiente a cada tratamiento. La extracción de los pigmentos se realizó macerando en frío cada disco foliar en un mortero con 4 ml de una solución fría de MgCO₃ (0.5 g/L -1) en etanol al 98%. El extracto se transfirió a un tubo y se lavó el mortero con 4 ml de la misma solución de etanol para completar un volumen final de 8 ml. La separación del extracto se hizo por centrifugación a 3.000 g durante 5 min. Al extracto etanólico obtenido se le leyó la absorbancia (A) a 645 y 663 nm en un espectrofotómetro. A partir de estos datos, se calcularon la concentración de clorofila total (Cl_t), con base en las siguientes ecuaciones: $Cl_t = [(20,2 \times (A_{645}) + 8,02 \times (A_{663})) \times 8] / (1000 \times PS)$, donde PS corresponde al peso seco de la muestra de hoja

3.7. Variables a evaluar

Se midieron las siguientes variables 90 días después de la inoculación de las rizobacterias promotoras crecimiento vegetal, empleando múltiples herramientas de evaluación que se detallan a continuación:

Número de hojas: Se contabilizó la cantidad de hojas de cada tratamiento con inoculación bacteriana y el control sin inoculación.

Diámetro basal: Se midió el diámetro basal con calibrador de Vernier, los datos para cada tratamiento fueron registrado en la unidad de longitud (cm).

Peso foliar: Se evaluó el peso empleando una balanza de precisión, las hojas de cada tratamiento fueron cortada desde la base del peciolo.

Peso radicular: Se registró el peso lavando las raíces con agua estéril removiendo la mayor cantidad de sustrato con la finalidad de que los datos sean lo más homogéneos posibles. El peso se registró en gramos con una balanza de precisión marca Ohaus™.

Peso del tallo: Se cortó el brote sobre la inserción de la raíz para registrar su longitud con una regla en cm, posteriormente se pesó segmentando el brote para facilitar su introducción en la balanza de precisión

3.8. Diseño experimental de la Investigación

3.8.1. Diseño para los datos morfológicos en plantas

Se aplicó un diseño completamente al azar DCA, para la adaptación y morfología de las plantas generando 4 tratamientos a evaluar cada una con 5 unidades experimentales realizando 5 repeticiones. Para la comparación de medias entre tratamientos se utilizó Tukey con un nivel de significancia del 95 %.

Tabla 1 Tratamientos evaluados en la investigación

1	Edáfico
2	Foliar
3	Químico
4	Testigo

Tabla 2 Esquema del Análisis de Varianza de datos morfológicos en plantas

Fuente de variación	Grados de libertad
---------------------	--------------------

Tratamiento	3
Error	16
Total	19

Elaborado: Autor

3.8.2. Diseño para los datos de cuantificación de clorofila

Se aplicó un diseño completamente al azar DCA, 4 tratamientos a evaluar cada una con 5 unidades experimentales y 5 repeticiones cada uno. Se empleó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95 % para establecer diferencias entre los tratamientos.

Tabla 3 Esquema del Análisis de Varianza de los datos de cuantificación de clorofila

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento	3
Error	16
Total	3

Elaborado: Autor

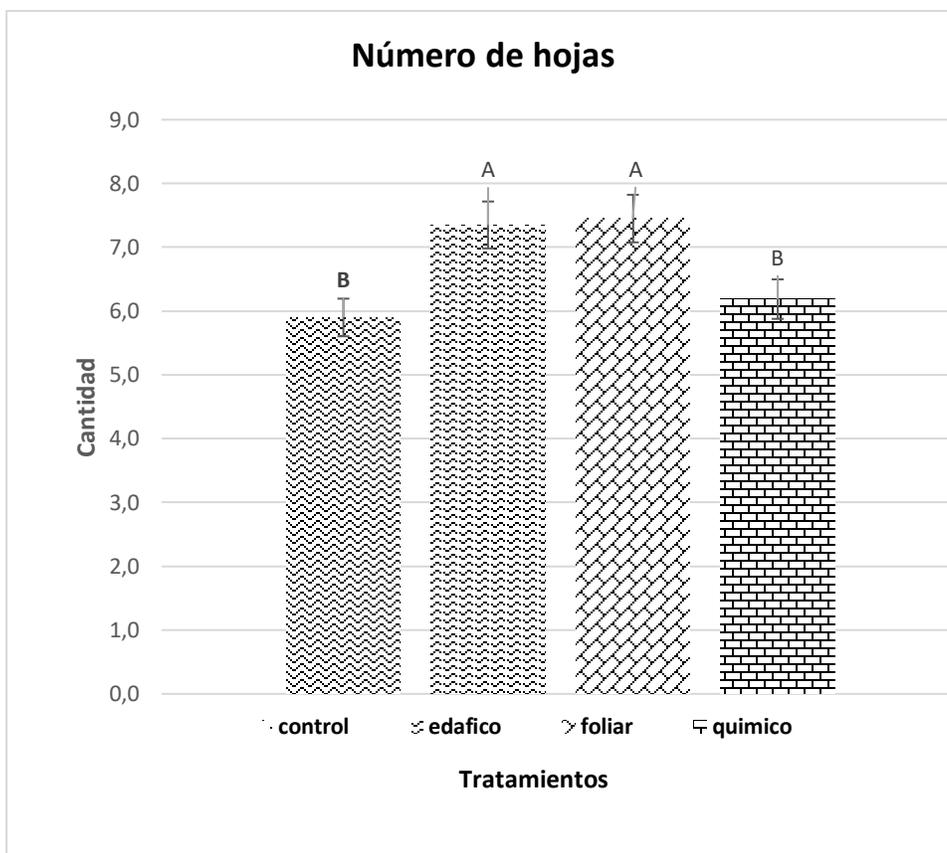
CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Respuesta morfológica de las plantas de *T. grandis* ante la inoculación de rizobacterias.

4.1.1. Numero de hojas

La aplicación del consorcio bacteriano PGPR crecidas en el medio M3, indujeron al incremento del número de hojas, este carácter morfológico se ve influenciado debido al aumento de emisión de hojas, se verificó diferencia estadística entre los tratamientos destacándose el tratamiento edáfico con 7.5 hojas siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos sin diferir la forma de aplicación foliar con promedio de 7.4. Con menor efectividad, las plantas de *T. grandis* con aplicaciones química y sin inoculante bacteriano tuvieron los menores promedios en número de hojas con valores de 6.2 y 5.9 respectivamente. (Figura 2).



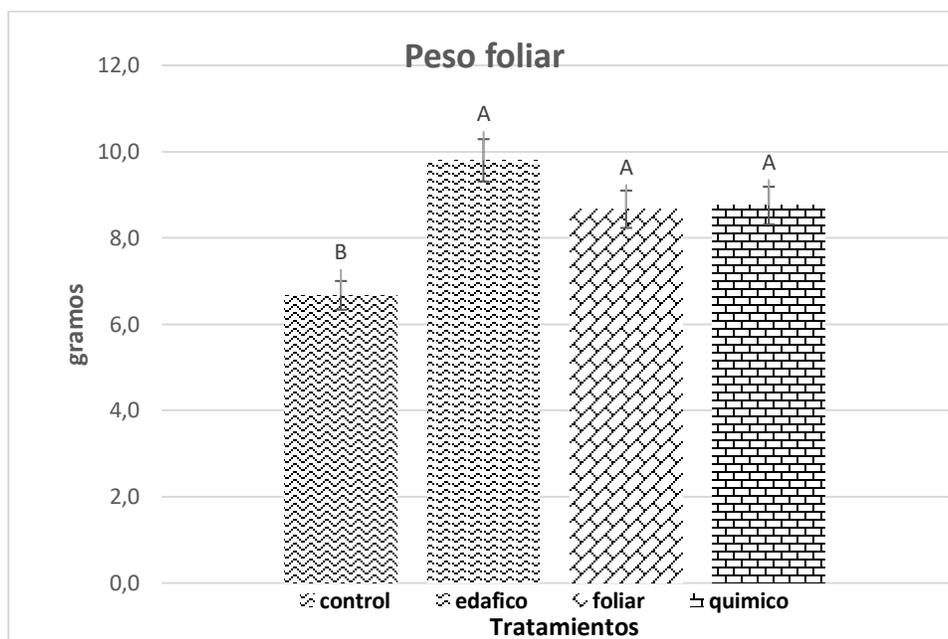
Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en el número de hojas en plantas de *T. grandis*.

Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test Tukey).

4.1.2. Peso foliar

Las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal crecidas en el medio M3 promovieron el incremento del peso foliar. Existió diferencia estadística entre los tratamientos destacándose la forma de aplicación edáfica con promedios de 9.8 g, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos, sin diferir los tratamientos foliar y química con valores promedios de 8.8 y 8.7g respectivamente, el tratamiento testigo comprende de los menores

promedios de peso foliar con valores de 6.7 g. El incremento del citoquininas de las PGPR (Figura 3). El peso fresco foliar está relacionado con la producción de fitohormonas del grupo.

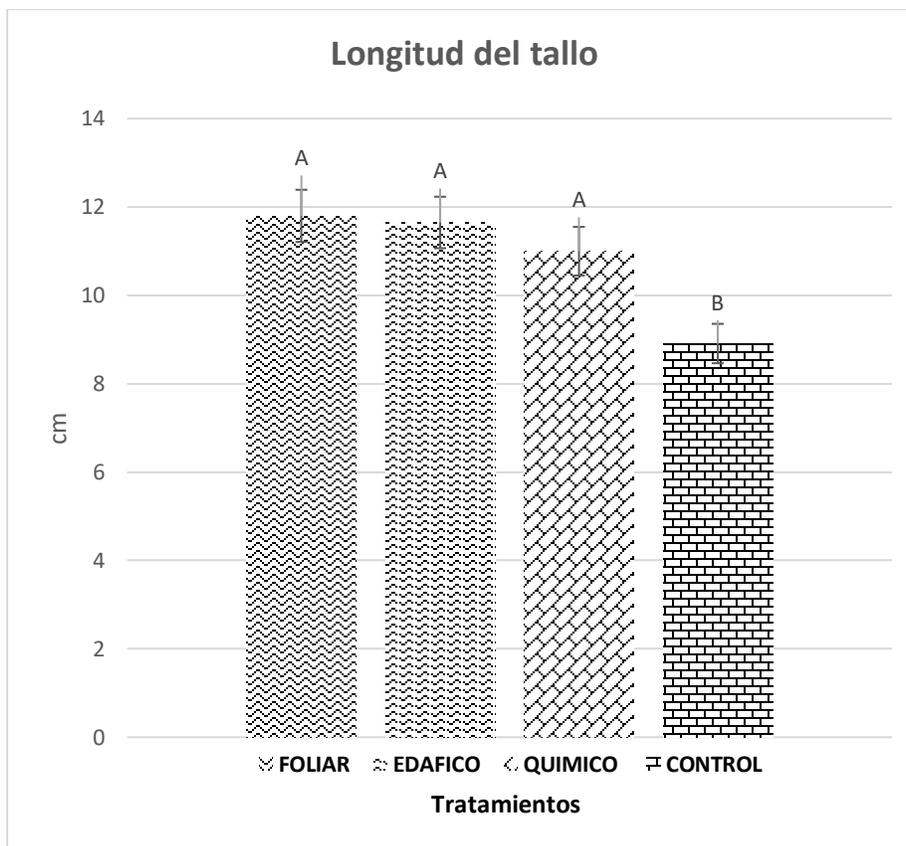


Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en el peso foliar en plantas de *T. grandis*. Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test Tukey).

4.1.3. Longitud del tallo

La longitud del tallo es influenciada por las bacterias aplicadas en consorcio debido al efecto positivo que estas ejercen para la mejor asimilación de nutrientes y producción de fitohormonas del grupo giberelina. La mayor longitud del pseudotallo se obtuvo en el tratamiento foliar con un promedio de 11.8, estadísticamente igual a los tratamientos edáfico

y químico que superan los 11 cm siendo superiores al tratamiento sin inoculante bacteriano con valores promedios que no superan los 8.9 cm (Figura 4).

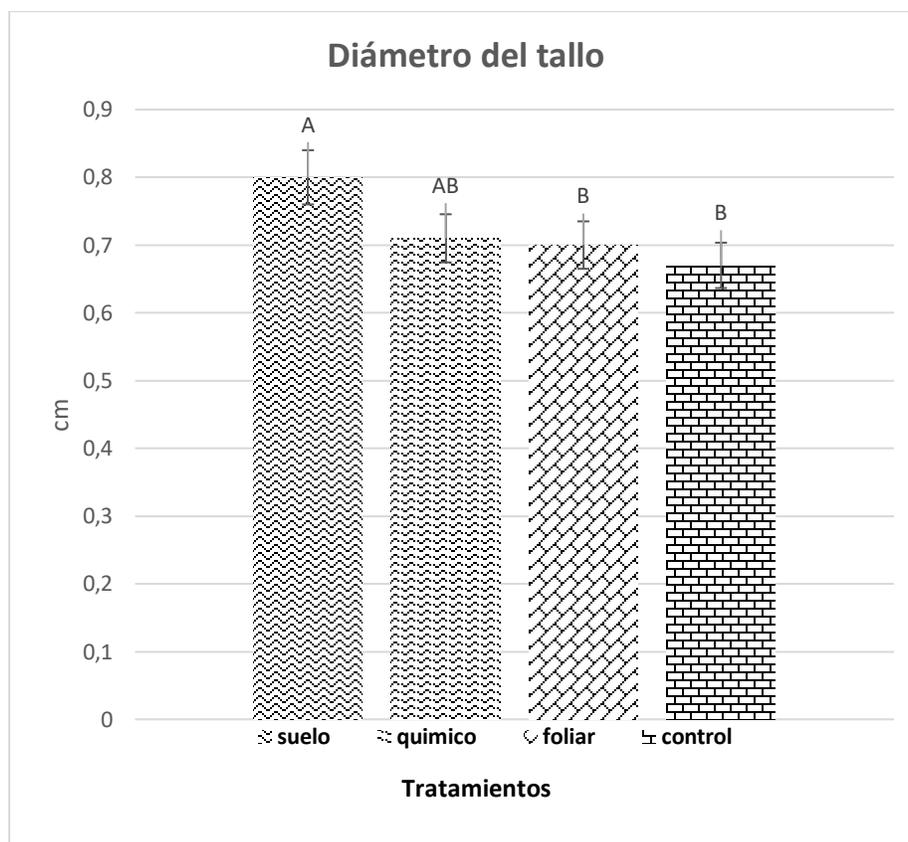


Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en la longitud del tallo en plantas de *T. grandis*. Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test Tukey).

4.1.4. Diámetro del tallo

Las aplicaciones de las rizobacterias en consorcio promovieron el incremento del diámetro del tallo a diferencia de las plantas sin inoculante bacteriano. Se determinó el mayor diámetro en la forma de inoculación edáfico con promedios de 0.8 cm estadísticamente igual al tratamiento químico con 0.71 cm, respectivamente superior a las plantas con la forma de

aplicación foliar y sin inoculantes bacteriano que no superaron los 0.7 cm de diámetro (Figura 5).

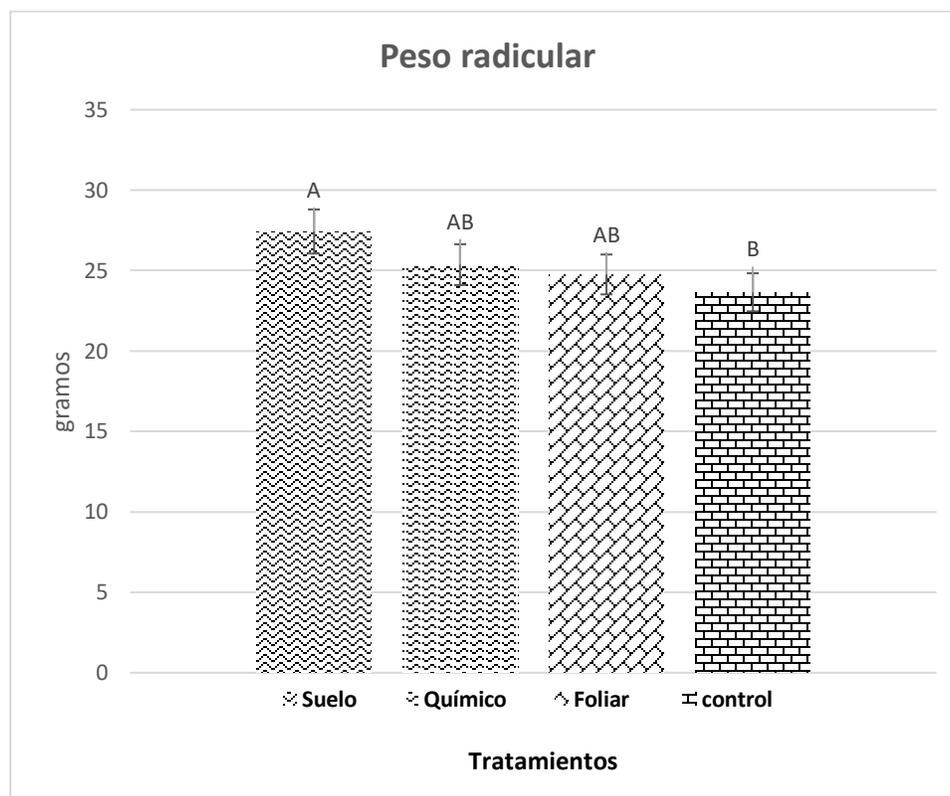


Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en el diámetro del tallo en plantas de *T. grandis*. Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test Tukey).

4.1.5. Peso radicular

El peso radicular influye en el vigor y número de raíces, este carácter morfológico es influenciado por las inoculaciones del consorcio bacteriano y aplicaciones de fertilizantes foliar que promovieron el incremento del peso de raíces a diferencia del control. Los mayores valores de peso radicular se obtuvieron en los tratamientos T1, T2, T3 con promedios de

27.43, 25.37, 24.76 g siendo superiores al tratamiento sin inoculante bacteriano (testigo) que con promedios inferiores a 23.65 g por planta tiene el menor peso radicular de todos los tratamientos evaluados (Figura 6).

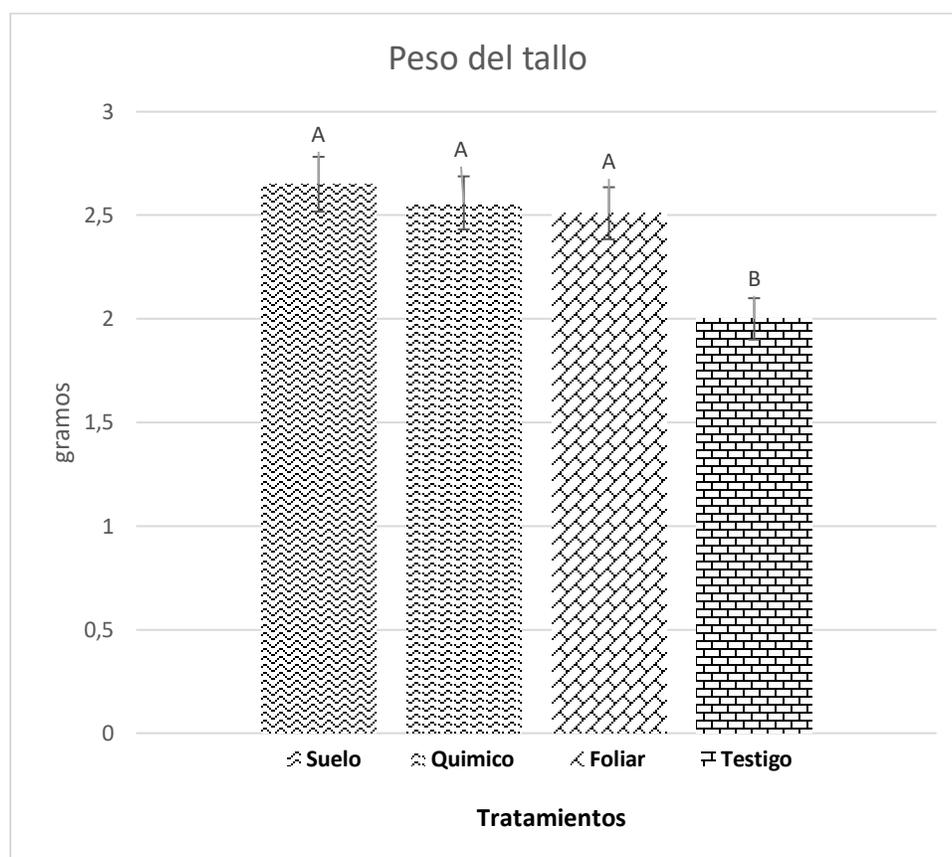


Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en el peso radicular de *T. grandis*. Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test Tukey).

4.1.6. Peso del tallo

El tallo es una característica morfológica que interviene en el transporte de nutrientes en la planta. A nivel comercial es determinante el peso del tallo para la venta. Las PGPRs inducen a la producción de hormonas vegetales y la síntesis de ácidos para la asimilación de nutrientes, en este contexto ayuda al aumento de peso del tallo. Los mayores promedios sobre

el peso del tallo presentaron los tratamientos edáficos, químico y foliar con: 2.65, 2.56, 2.51 g siendo estadísticamente superior al tratamiento sin inoculante que presentó el menor promedio con valores de 2 g. (Figura 7)



Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en el peso del tallo en plantas de *T. grandis* Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test Tukey).

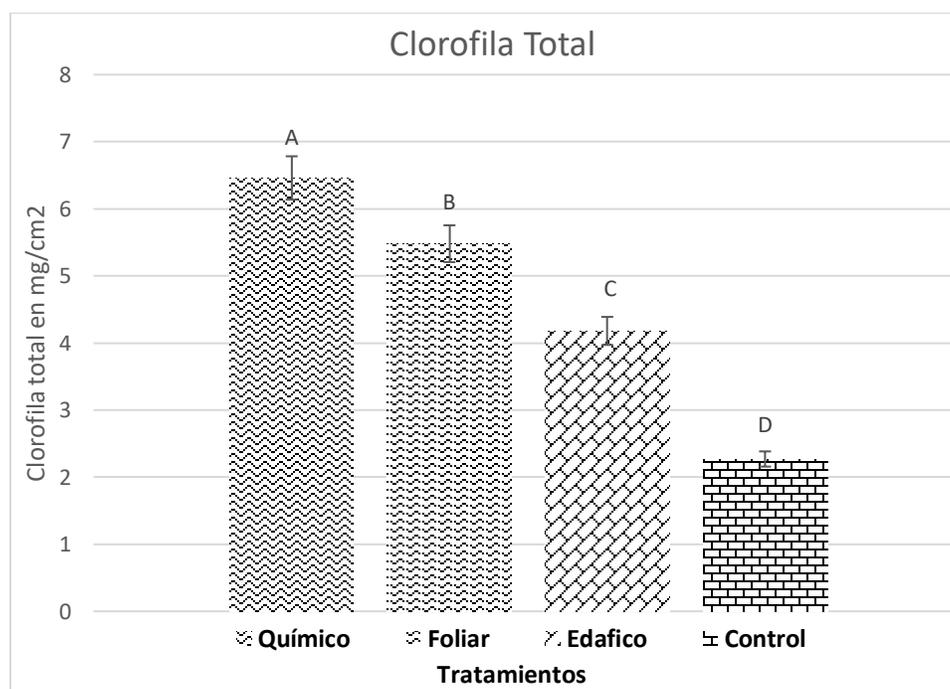
4.2. Niveles de clorofila ante la aplicación

La clorofila es importante porque permite la obtención de energía a partir de la luz solar para las distintas funciones metabólicas de la planta, un déficit torna plantas amarillentas. En el

presente estudio, las aplicaciones químicas promovieron el incremento del contenido de clorofila total a diferencia de las plantas con inoculante bacteriano y sin inoculante.

4.2.1. Clorofila total

La mayor concentración de clorofila total se obtuvo en el tratamiento químico con promedios de 6.16 mg/cm^2 estadísticamente superior a los tratamientos T1, T2, T4 con valores promedios inferiores a 6 mg/cm^2 (Figura 8).



Efectos del bioproducto bacteriano PGPR en contenido de clorofila total de *T. grandis* Las barras de error indican \pm ES; diferentes letras indican diferencias significativas entre los promedios a $p < 0.05$ (test Tukey).

4.3. Discusión

Las rizobacterias benéficas asociadas a las raíces de las plantas pueden estimular el crecimiento y la productividad de diferentes especies forestales por medio de diversos mecanismos. (Bhattacharyya & Jha, 2012; Saharan & Nehra, 2011; Vessey, 2003) Bajo estas condiciones experimentales la forma de aplicación con rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal indujo significativamente en el desarrollo morfológico de la planta.

La forma de aplicación foliar y edáfica del consorcio PGPR en plántulas de *T. grandis* mostró los mayores promedios en número de hojas con valores de 7.5 y 7.4, superando a los tratamientos químico y testigo con valores promedios de 6.2 y 6.9 respectivamente. Estos valores son inferiores a los descrito por Krishnan *et al.* (2004) donde determinó el aumento de hojas en un 35% en comparación al control en plántulas de *Simarouba glauca* mediante la aplicación de rizobacterias del género *Azospirillum* spp. y *Azotobacter* spp. Según Lavania (2006) cuando las plantas son colonizadas por rizobacterias promotoras de crecimiento inducen a la producción de citoquininas y enzimas hidrolíticas que ayudan a la emisión de hojas y protección contra patógenos en la planta.

En el peso foliar, el tratamiento edáfico con promedios de 9.8 g fue superior siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos, sin diferir los tratamientos foliar y química con valores promedios de 8.8 y 8.7g respectivamente, el tratamiento testigo comprende de los menores promedios de peso foliar con valores de 6.7 g, estos resultados coinciden con Mohan (1995) reportó que las plántulas de *T. grandis* inoculadas con microorganismo PGPRs colonizaron las raíces y la filosfera, aumentando el área foliar un

34% en comparación al testigo. Angulo *et al.* (2010) determinaron que las cepas de rizobacterias del genero *Arthrobacter*, *Lysinibacillus*, *Rahnella* y *Bacillus* aplicadas en consorcio promovieron significativamente las plántulas de *Eucalyptus nitens* debido a la producción de ácido indolacético (AIA), solubilización de fosfato y expresar 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) desaminasa. Las rizobacterias promueve una mayor biomasa en la plántula porque acciona a una mayor acumulación de nutrientes por la producción de fitohormonas que se activan diferencialmente en los procesos metabólicos de la planta, entre ellas interviene las auxinas, citoquininas y giberelinas.

La longitud del tallo presentó mayor tamaño en los tratamientos foliar con un promedio de 11.8, estadísticamente igual a los tratamientos edáfico y químico que superan los 11 cm siendo superiores al tratamiento sin inoculante bacteriano con valores promedios que no superan los 8.9 cm. Castro-Marciales y Roa-Bermúdez (2006) inocularon la cepa *Pseudomonas fluorescens* CaChRI41R1 en plántulas de *C. alliodora*, donde presentó efectos positivos sobre la longitud de plántulas hasta un 45% mayor sobre el testigo en etapa de vivero debido a la síntesis de AIA, producción de sideróforos y solubilización de fósforo por parte de la bacteria. Rueda-Puente (2009) afirma que la aplicación de bacterias promotoras de crecimiento tiene la particularidad de producir o actuar como inductores en la síntesis de fitohormonas, en las que figuran las auxinas y giberelinas (AG3) para el desarrollo del tallo.

El diámetro de las plantas está relacionado con la supervivencia de la planta en campo; el valor mínimo sugerido es de 5 mm para especies forestales (Sáenz et al., 2010). García *et al.* (2004) menciona que las rizobacterias producen quitinasa, glucanasas, proteasas cumpliendo el rol de intervenir en el reforzamiento de la pared celular y el biocontrol de los patógenos,

la literatura mencionada coincide con los tratamientos edáfico y químico presentaron los mayores promedios de diámetro de tallo con 0.8 y 0.71 cm respectivamente, siendo superior a los demás tratamientos.

Los mayores valores de peso radicular se obtuvieron en los tratamientos T1, T2, T3 con promedios de 27.43, 25.37, 24.76 g siendo superiores al tratamiento sin inoculante bacteriano (testigo) que con promedios inferiores a 23.65 g por planta. Montejo-Mayo *et al.* (2016) afirma que la aplicación edáfica de la cepa *Arthrobacter agilis* UMCV2 en plántulas de *Pinus devoniana* genera la proliferación de raíces laterales y aumento del peso radicular con porcentajes del 25 y 30% en comparación al control a los 65 días después de la germinación. Según Molina-Romero (2015) La producción de AIA por parte de las rizobacterias permite una expansión y multiplicación celular para la formación de pelos absorbentes.

El peso del tallo presentó mejores resultados los tratamientos edáficos, químico y foliar con: 2.65, 2.56, 2.51 g siendo estadísticamente superior al tratamiento testigo que presentó valores de 2 g, este dato concuerda con Morales (2009) que inoculó bacterias nativas del genero *Azospirillum sp.* en *Maclura tinctoria* (L.) D. Don. Ex, los resultados mostraron que en 133 días el peso del tallo aumentó significativamente un 30% en comparación al control. Araya (2000) determinó que el ácido giberélico producido por las rizobacterias del género *Pseudomonas spp* ejerce una acción directa en el peso del tallo de *Alnus acuminata*, en este contexto el desarrollo significativo de las plántulas es debido a la acción de las PGPRs en la producción de GA3, además de otros compuestos como: producción de ROS, patrones moleculares asociados a patógenos, sideróforos.

Las aplicaciones de fertilizantes foliares aumentaron la concentración de clorofila en las plántulas de *T. grandis* con promedios de 6.16 mg/cm². Barrantes (2018) reportó valores promedios de 4.04 mg/cm² de clorofila en plántulas *G. arborea* Roxb. con la aplicación del fertilizante foliar Bórax a los 90 días después de la germinación. Según Zakria et al. (2008) los fertilizantes foliares son de fácil asimilación para la planta porque corrige rápidamente las deficiencias nutricionales e interviene en la formación de compuestos fotosintéticos como la clorofila. La clorofila necesita elementos nutricionales para formar los distintos complejos nutricionales entre ellos esta: nitrógeno, magnesio, hierro, cobre.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1.- Los efectos de la inoculación de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal en plántulas de *T. grandis* ayudó a mejorar las características morfológicas en estudio dentro de los tratamientos Edáfico y Foliar.

2.- La aplicación de rizobacterias promotoras de crecimientos vegetal durante los primeros 60 días ejercen un aumento en el desarrollo morfológico. El peso radicular, contenido de hojas, diámetro del tallo, peso foliar, en el tratamiento edáfico aumentó un 14, 17, 20, 32, % comparado al control absoluto sin inoculante. El peso del tallo en los tratamientos edáficos, foliar y químico presentaron un aumento del 25, 22, 21 % comparado al testigo sin inoculante.

3.- Las aplicaciones químicas promovieron un 65% el contenido de clorofila en plántulas de *T. grandis* comparado al control absoluto sin inoculante. El tratamiento foliar aumento un 59% del contenido de clorofila comparado al control.

5.2. RECOMENDACIONES

- Expandir el área de estudio y realizar unidades de monitoreo permanentes para promover la continuidad de la investigación.
- Producir masivamente el medio M3. para aplicarlo en plantaciones comerciales de *T. grandis* con el fin de realizar nuevos estudios de efectividad en el campo.
- Promover la investigación de biocontroladores con actividad promotora del crecimiento y antagonista hacia patógenos de plántulas.
- Realizar reaislamiento de las bacterias en las plantas inoculadas a partir de; hojas, raíces o suelo para corroborar su presencia y efecto.

CAPÍTULO VI
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

6.1. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Aguilar-Díaz, T., Bertolini, V., Carrillo Castañeda, G., Guillén Navarro, G. K., García Fajardo, L. V., & Castro Chan, R. A. (2018). Rizobacterias promotoras de crecimiento en *Guarianthe skinneri* (Orchidaceae). *Revista de Biología Tropical*, 66(3), 953-968.

Alvarado, A., & Fallas, J. L. (2004). La saturación de acidez y el encalado sobre el crecimiento de la teca (*Tectona grandis* L.f.) en suelos ácidos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 28(1), 81-87.

Angulo, V. C., Sanfuentes, E. A., Rodríguez, F., & Sossa, K. E. (2014). Caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento en plántulas de *Eucalyptus nitens*. *Revista argentina de microbiología*, 46(4), 338-347.

Araya, E., Gómez, L., Hidalgo, N., & Valverde, R. (2000). Efecto de la luz y del ácido gibberalico sobre la germinación in vitro de (*Alnus acuminata*). *Agronomía Costarricense*, 24(1), 75-80.

Arteaga, K. T. C., Molina, J. J. G., Jaramillo, M. F. P., Uquillas, C. M., & Martínez, H. F. C. (2018). Selección Bacterias fluorescentes productoras de metabolitos antagónicos de cultivares nativos de *Musa sp.* y su diversidad filogenética al gen ARNr 16S. *Revista Ciencia y Tecnología*, 11(2), 17-29.

Barrantes Madrigal, K., Ávila Arias, C., Murillo Cruz, R., Solís Ramos, L., Porras Murillo, R., & Herrera Vargas, P. (2018). Relación de la clorofila y el nitrógeno foliar

de *Gmelina arborea* Roxb. en vivero y en campo. Revista mexicana de ciencias forestales, 9(46), 209-239.

Barruezueta, H. (2015). Las normas de manejo forestal sostenible de los bosques. Registro oficial del Ministerio del Ambiente del Ecuador, edición especial N° 272, 2-40.

Bhattacharyya, P. N., & Jha, D. K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 28(4), 1327-1350.

Borda-Molina, D., Pardo-García, J. M., Martínez-Salgado, M. M., & Montaña-Lara, J. S. (2009). Producción de un biofertilizante a partir de un aislamiento de *Azotobacter nigricans* obtenido en un cultivo de *Stevia rebaudiana* Bert. Universitas Scientiarum, 14(1), 71-78.

Brinkmann, V., Reichard, U., Goosmann, C., Fauler, B., Uhlemann, Y., Weiss, D. S., & Zychlinsky, A. (2004). Neutrophil extracellular traps kill bacteria. Science, 303(5663), 1532-1535.

Castro-Marciales, S. M., & Roa-Bermúdez, C. A. Bacterias endófitas de *Cordia alliodora* Oken y *Tabebuia rosea* Bertold DC: potencial como promotoras de crecimiento vegetal en la propagación de su hospedero.

Cobeña, V., & Alfonso, W. (2014). Análisis económico de la producción de madera teca (*Tectona Grandis*) en el cantón El Empalme provincia del Guayas (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ). Repositorio de la UTEQ, 22-24.

Flinta, C. M. (2006). Prácticas de plantación forestal en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 3(1), 85-87.

Follett, E. M., & Nepf, H. M. (2012). Sediment patterns near a model patch of reedy emergent vegetation. *Geomorphology*, 179, 141-151.

Franco-Díaz, D. S. (2015). Asesoría y acompañamiento en el cultivo de teca en la finca La Guadalupana en Turbo, Antioquia (Doctoral dissertation). Corporación Universitaria Lasallista, 15-16.

García, J. L., Probanza, A., Ramos, B., Barriuso, J., & Manero, F. G. (2004). Effects of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) and *Sinorhizobium fredii* on biological nitrogen fixation, nodulation and growth of *Glycine max* cv. Osumi. *Plant and Soil*, 267(1-2), 143-153.

Gomez, R. A., & Gomez, S. A. (2013). Estudio de prefactibilidad del proyecto de siembra de 200 hectáreas en sistema agroforestal cacao-maderable en el municipio de sabana de torres (Santander) (doctoral dissertation, universidad industrial de Santander, escuela de estudios industriales y empresariales).

González-Candia, P., Rodríguez, F., Sanfuentes Von Stowasser, E. A., & Sossa Fernández, K. (2016). Efecto de rizobacterias en el enraizamiento de miniestacas en dos clones híbridos de *Eucalyptus spp.* Ciencia e Investigación Forestal Chile, 22(1), 53-61.

Hernández, W., & Salas, E. (2009). La inoculación con *Glomus fasciculatum* en el crecimiento de cuatro especies forestales en vivero y campo. Agronomía costarricense. 3(1), 17-30.

Inec, I. N. (2010). Instituto Nacional de estadísticas y Censos. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home>. (citado 18 de Junio del 2020).

King, E. O., Ward, M. K., & Raney, D. E. (1954). Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescin. The Journal of Laboratory and Clinical Medicine, 44(2), 301–307. <https://doi.org/10.5555/URI:PII:002221435490222X>

Krishnan PR, Rajapandian SJ, Selvi TK (2004). Influence of inoculation of biofertilizers on growth and biomass productivity of *Simarouba Glauca* seedlings. My forest, 40(2), 197-202.

Lavana, M., Chauhan, P. S., Chauhan, S. V. S., Singh, H. B., & Nautiyal, C. S. (2006). Induction of plant defense enzymes and phenolics by treatment with plant growth-promoting rhizobacteria *Serratia marcescens* NBRI1213. Current microbiology, 52(5), 363-368.

Loayza-Farah, R. F. (2014). Propuesta para la creación de un centro de proceso y comercialización de madera para el sector de la construcción naval en la ciudad de Machala. ASOTECA, 11-12.

Loredo-Osti, C., López-Reyes, L., & Espinosa-Victoria, D. (2004). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *Terra Latinoamericana*, 22(2), 225-239.

Martínez, J. D. S., Simón, V. J. G., & Jiménez, E. A. (2008). El monocultivo olivarero jiennense: del productivismo a la sostenibilidad. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (47), 12-14.

Miles, A. A., Misra, S. S., & Irwin, J. O. (1938). The estimation of the bactericidal power of the blood. *Epidemiology & Infection*, 38(6), 732-749.

Molina-Romero, D., Bustillos-Cristales, M. D. R., Rodríguez-Andrade, O., Morales-García, Y. E., Santiago-Saenz, Y., Castañeda-Lucio, M., & Muñoz-Rojas, J. (2015). Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico. *Biológicas*, 17(2), 24-34.

Montejo-Mayo, W., Valencia-Cantero, E., López-Albarrán, P., & Velázquez-Becerra, C. (2016). Efecto de *Arthrobacter agilis* UMCV2 sobre la germinación y crecimiento de *Pinus devoniana* Lindley. *Polibotánica*, (41), 79-90.

Morales Romero, W. E. (2009). Crecimiento y desarrollo durante la etapa vegetativa inicial de *Maclura tinctoria* (L.) D. Don. Ex Steud (Dinde) con la aplicación de bioinoculantes en suelo solarizado de la zona cafetera. Repositorio javeriana, 54-57.

Nakata, H., Gutiérrez Ilave, M., Ortiz Fernández, L., Martínez Cadillo, E., Medina Calderon, K., Ramos Perfecto, D., & Castro Rodríguez, Y. (2014). Efectividad in vitro e in vivo de un gel a base de *Camellia sinensis* “té verde” frente a microorganismos de importancia en procesos periodontales. Repositorio de páginas digitales de la UNMSM, 15(4), 44-45.

Paredes-Mendoza, M., & Espinosa-Victoria, D. (2010). Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: una revisión crítica. Terra Latinoamericana, 28(1), 61-70.

Pulido, L. E., Medina, N., & Cabrera, A. (2003). La biofertilización con rizobacterias y hongos micorrízicos arbusculares en la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y cebolla (*Allium cepa* L.). I. Crecimiento vegetativo. Cultivos Tropicales, 24(1), 15-24.

Rodríguez, J. L. (2018). Evaluación de la cinética de crecimiento de PGPR y su actividad antagonista hacia *Meloidogyne incognita* “in vitro” (Bachelor's thesis, Quevedo-UTEQ). Repositorio de la UTEQ, 45-46.

Rueda-Puente, E. O., Villegas-Espinoza, J. A., Gerlach-Barrera, L. E., Tarazón-Herrera, M. A., Murillo-Amador, B., García-Hernández, J. L., & Preciado-Rangel, P.

(2009). Efecto de la inoculación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal sobre la germinación de *Salicornia bigelovii*. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 345-354.

Sáenz R. J. T., R. F. J. Villaseñor, F. H. J. Muñoz, S. A. Rueda y R. J. A. Prieto (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 17. SAGARPA-INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México, 48-49.

Saharan, B. S., & Nehra, V. (2011). Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. *Life Sci Med Res*, 21(1), 30.

Sharpe, A. N., & Kilsby, D. C. (1971). A rapid, inexpensive bacterial count technique using agar droplets. *Journal of Applied Bacteriology*, 34(2), 435-440.

Tewari, D. N. (1992). A monograph on teak (*Tectona grandis* Linn. f.). Indian Council of Forestry Research and Education, 14(3), 338-340.

Ugalde-Viquez, A., Vallejos Vásquez, S. y Rodríguez Segura, N. 2015. La bibliotecología ecológica: un cambio necesario en las bibliotecas costarricenses. *Bibliotecas*. 33(1), 1-13.

Vasquez, W., & Ugalde, L. (1995). Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. *CATIE*, 12(2), 36-37.

Valery, A., & Reyes, I. (2013). Evaluación de rizobacterias promotoras del crecimiento bajo diferentes esquemas de fertilización en el cultivo de maíz variedad HIMECA-95. *Revista colombiana de biotecnología*, 15(2), 81-88.

Vega, M. D. C. J., & Rodríguez-Romero, A. S. (2008). Integración de microorganismos benéficos (Hongos micorrícicos y bacterias izosféricas) en agrosistemas de las Islas Canarias. *Agroecología*, (3), 33-39.

Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and soil*, 255(2), 571-586.

Wintermans, J. F. G. M., & De Mots, A. S. (1965). Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their phenophytins in ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biophysics including Photosynthesis*, 109(2), 448-453.

Zakria, M., Udonishi, K., Ogawa, T., Yamamoto, A., Saeki, Y., & Akao, S. (2008). Influence of inoculation technique on the endophytic colonization of rice by *Pantoea sp.* isolated from sweet potato and by *Enterobacter sp.* isolated from sugarcane. *Soil Science & Plant Nutrition*, 54(2), 224-236.

ANEXOS

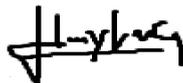
Document Information

Analyzed document TESIS FINAL C1.docx (D77189648)
Submitted 7/26/2020 4:25:00 PM
Submitted by
Submitter email hcanchignia@uteq.edu.ec
Similarity 8%
Analysis address hcanchignia.uteq@analysis.orkund.com

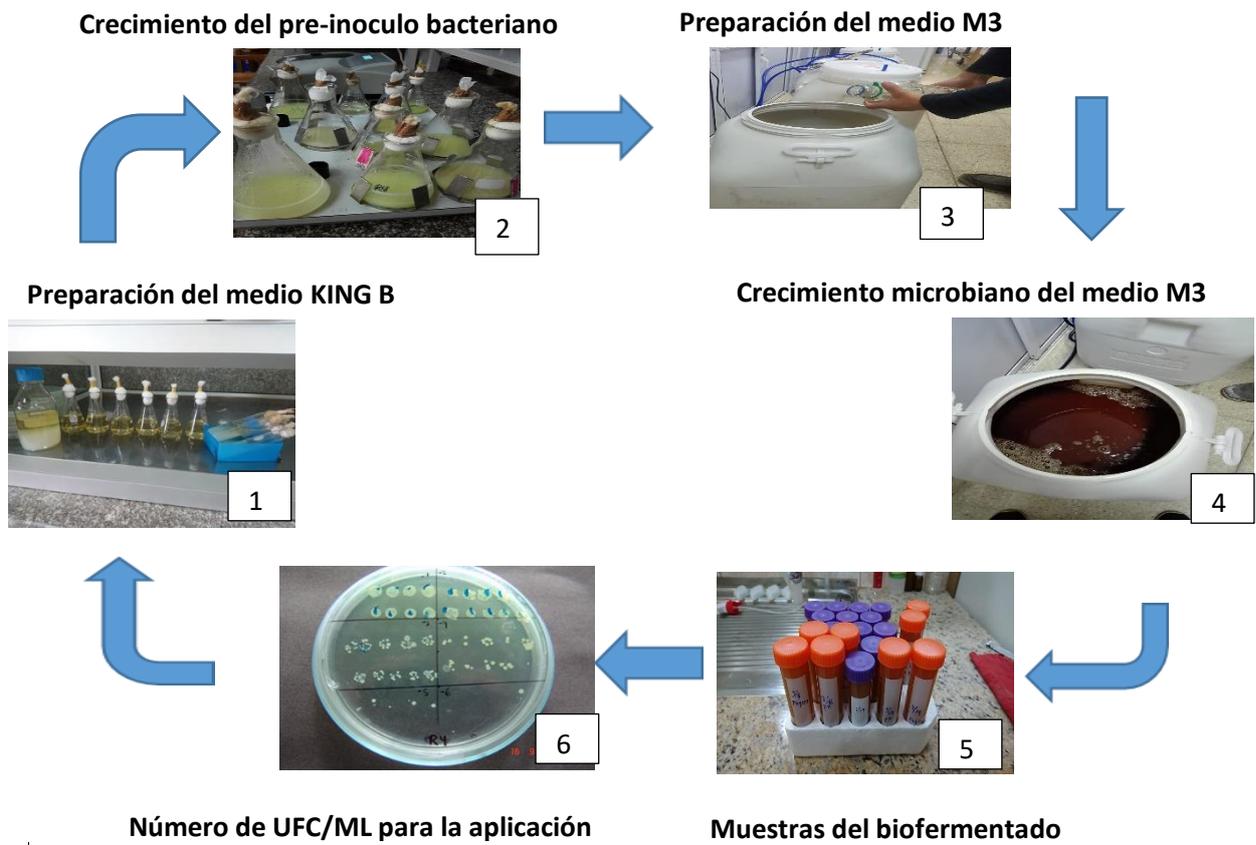
Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / TESIS ALDAZ (Final).docx Document TESIS ALDAZ (Final).docx (D53977698) Submitted by: hcanchignia@uteq.edu.ec Receiver: hcanchignia.uteq@analysis.orkund.com	 8
SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO / Renzo Gaibor.docx Document Renzo Gaibor.docx (D61971085) Submitted by: hcanchignia@uteq.edu.ec Receiver: hcanchignia.uteq@analysis.orkund.com	 40
W	URL: https://core.ac.uk/download/pdf/47250418.pdf Fetched: 11/27/2019 6:19:15 PM	 1
W	URL: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/191422/2015_Perfil_Nacional_de_Sust ... Fetched: 7/26/2020 4:29:00 PM	 1

Anexo 1 Certificado del reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico



Dr. Hayron Canchignia Martínez
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Anexo 2. Metodología para la preparación del bioproducto bacteriano PGPRs.



Anexo 3. Plántulas de *T. grandis* en estado de crecimiento.



Anexo 4. Evaluación de las características morfológicas de *T. grandis*



Anexo 5. Efectos de la aplicación del Bioproducto durante los 90 días. 1) Edáfico 2) Testigo sin aplicación 3) Foliar 4) Químico.

