



**Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Medioambiente
Ingeniería Ambiental**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CIANOBACTERIAS COMO
BIOINOCULANTE EN ECOSISTEMAS AFECTADOS POR INCENDIOS
FORESTALES EN LA RESERVA NACIONAL LAGO PEÑUELAS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTOR: SILVANA MARGARITA BILBAO PÜSCHEL

PROFESOR GUÍA: JAIRO VALENCIA MUÑOZ

VALPARAÍSO, 2023

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mis padres, Gisela y Víctor por el apoyo y cariño entregado a lo largo de la vida, me han impulsado a seguir mis sueños y cumplir mis metas, además de brindar el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos. A mi hermano Francisco, por cada abrazo de aliento y contención que me dio y cada noche que me acompañó a terminar este trabajo, a mi hermana Sussan, quien siempre estuvo dispuesta a ayudarme y sacarme de lo negro que se me hizo este proceso, con la voz de su experiencia, por su apoyo en cada momento, son los mejores hermanos del mundo.

A mi familia, mi mami Juana, mis tíos Elisabeth y Juan Carlos, por el cariño y aliento que me entregaron en todo este proceso universitario, a mis primos, Felipe, Benjamín y Maximiliano, por el amor entregado, por su preocupación y risas en momentos que más necesitaba. A mi prima Javiera, por siempre inspirarme a ser una mujer de ciencia y entregar siempre una palabra de aliento y amor, a José Manuel, por inspirarme a vivir y lograr cosas que me gustaría que haya podido vivir él.

A mi mejor amiga, Carolina, por ser la familia que elegí, por estar siempre atenta a mí independiente de la distancia, por acompañarme y animarme cada vez que fue necesario, por despejar siempre las dudas que tengo de mis capacidades y virtudes.

A mis amigas de la universidad, quienes fueron fundamentales en este proceso, sobre todo a Verónica e Ignacia, sin ustedes nada sería igual, estoy muy agradecida, por cada vez que estuvieron para mí, aunque sea a través de un mensaje, por escucharme y enseñarme la luz en los momentos más oscuros, atesoro cada momento compartido con ustedes a lo largo de esta carrera, gracias por nunca dejarme caer.

Quiero expresar mi agradecimiento a los profesores que han sido un respaldo durante mi tiempo en la universidad, tanto en el ámbito académico como en el emocional. Especialmente a aquellos que me ofrecieron palabras de aliento en los momentos oportunos. Al profesor Jairo Valencia, por confiar en mí para ser parte del equipo de trabajo en el que está inserta esta tesis, por cada consejo y palabra de aliento sobre mi confianza, al profesor Hernán Gaete, por confiar en mí para ser su ayudante y tenerme confianza para llevar a cabo los laboratorios y a cada integrante del proyecto FONDEF en el cual se enmarcó este proyecto de título.

Por último y no menos importante, quiero agradecer a mí misma, por mi constancia, mi entrega y dedicación, eres excelente, nunca lo dudes.

Silvana Bilbao Püschel.

I. RESUMEN

Los incendios forestales han sido uno de los mayores causantes de perturbación sobre los hábitats naturales en Chile. A nivel regional, entre el 1 de julio de 2020 y el 13 de abril de 2021, se desarrollaron 361 incendios forestales que afectaron a 6834,4 hectáreas. Entre los incendios más recientes, que afectaron la región, destacó el incendio forestal ocurrido en la Reserva Nacional Lago Peñuelas en el 2021, consumiendo una superficie total de 359,4 hectáreas de pastizales, matorrales y plantaciones de Pino y Eucaliptos.

Para lograr la recuperabilidad de los suelos siniestrados, existen diferentes tecnologías que podrían aplicarse, entre las que resalta la utilización de bioinoculante, siendo estos, un preparado de microorganismos aplicados al suelo y/o planta con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización sintética, así como disminuir la contaminación generada por los agroquímicos. Estos son una alternativa competente en cuanto a eficacia y efectividad, que además es amigable con el medio ambiente, entregando los oligoelementos que el medio requiere para el óptimo desarrollo de las diferentes interacciones que en él se llevan a cabo, además de activar los microorganismos presentes en el suelo. Con el desarrollo del proyecto FONDEF, “Producción in situ de bioinoculante para suelos degradados por incendios forestales, en base a cianobacterias fijadoras de nitrógeno, cultivadas a partir de cenizas de madera”; en el cual, se utilizan las cianobacterias como bioinoculante, siendo esta una solución para rescatar la costra biológica perdida a partir de los incendios forestales, a través, de la reforestación del área afectada, la cual es una maniobra de restauración del bosque siniestrado.

De este modo, a partir de la producción del bioinoculante en base a las cianobacterias *Anabaena cylindrica* se buscó comprobar la efectividad de su implementación, en diferentes concentraciones, tanto en los suelos siniestrados, en la germinación de semillas y en el crecimiento de plántulas de *Schinus latifolius* y *Maytenus boaria*. Esto, a partir del análisis estadístico realizado con los datos obtenidos de la medición en viverización y germinación, la toma de muestras de suelo y una ponderación del bioinoculante en contraste a otro tipo de fertilizantes.

II. ÍNDICE

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | Introducción | 1 |
| 1.2 | Suelo | 2 |
| 1.3 | Especies Vegetales | 3 |
| 1.4 | Uso de Cianobacterias como Bioinoculante..... | 7 |
| 1.5 | Restauración ecológica | 8 |
| 1.6 | Área de Estudio | 10 |
| 2 | Problema | 12 |
| 3 | OBJETIVOS..... | 13 |
| 3.1 | General..... | 13 |
| 4.2 | Específicos | 13 |
| 5. | Metodología | 14 |
| 4.1 | Objetivo 1 | 14 |
| 4.1.1 | Etapa de germinación..... | 14 |
| 5.1.2 | Etapa de viverización..... | 18 |
| 5.2 | Objetivo 2 | 19 |
| 5.2.1 | Etapa en Suelos | 19 |
| 5.3 | Objetivo 3 | 23 |
| 6 | RESULTADOS..... | 24 |
| 6.1 | Resultados del Objetivo 1 | 24 |
| 6.1.1 | Etapa de germinación..... | 24 |
| 6.1.2 | Etapa de viverización..... | 38 |
| 6.2. | Resultados del objetivo 2..... | 44 |
| 6.2.1. | Etapa en suelos..... | 44 |
| 6.3. | Resultados del objetivo 3..... | 52 |
| 7. | Discusión | 55 |
| 8. | Conclusión | 58 |
| 6 | BIBLIOGRAFÍA..... | 59 |
| 8 | ANEXOS..... | 65 |

III. ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1.1: Coordenadas UTM para sitios de trabajo..... | 10 |
| Tabla 5.3: Planilla excel para registro de datos. | 15 |
| Tabla 5.4: Planilla excel para registro de datos. | 16 |
| Tabla 5.5: Planilla excel para registro de datos. | 17 |
| Tabla 5.11: Parámetros de caracterización de suelos. (Adaptada de McKean, 1998; Bernier y Undurraga, 2022)..... | 22 |
| Tabla 6.1: Resultados de Análisis a Muestra 0..... | 44 |
| Tabla 6.2: Matriz de doble entrada requerida para caracterización de los productos. | 53 |

IV. ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1: Molle (<i>Schinus latifolius</i>). Fuente: Chilebosque.cl | 4 |
| Figura 1.2: Semillas de Molle (<i>Schinus latifolius</i>). Fuente: Chile bosques. | 4 |
| Figura 1.3: Maitén (<i>Maytenus boaria</i>). Fuente: Viveros Valparaíso. | 6 |
| Figura 1.4: Semillas de Maitén (<i>Maytenus boaria</i>). Fuente: arbolesnativos.cl | 6 |
| Figura 1.5: <i>Anabaena cylindrica</i> bajo microscopio aumento 10x. | 7 |
| Figura 1.6: Área de trabajo del proyecto en la Reserva Nacional Lago Peñuelas. Fuente: Google Earth. | 11 |
| Figura 5.1: Diagrama del procedimiento de toma de muestras del suelo. Fuente: (INIA, 2012) | 20 |
| Figura 6.1: Capacidad germinativa de Maitén en placa petri en T0. | 24 |
| Figura 6.2: Capacidad germinativa para Maitén en placa petri en T1. | 25 |
| Figura 6.3: Capacidad germinativa en Maitén en placa petri en T2. | 25 |
| Figura 6.4: Relación de velocidad de germinación/Porcentaje de germinación acumulada para Maitén en placa petri. | 26 |
| Figura 6.5: Promedio Diario de Crecimiento Radicular Maitén en placa petri. | 27 |
| Figura 6.6: Capacidad Germinativa para Molle en T0 en placa petri. | 28 |
| Figura 6.7: Gráfico Capacidad Germinativa para Molle en T1 en placa petri. | 28 |
| Figura 6.8: Gráfico Capacidad Germinativa para Molle en T2 en placa petri. | 29 |
| Figura 6.9: Relación de velocidad de germinación/Porcentaje de germinación acumulado para Molle en placa petri. | 30 |
| Figura 6.10: Promedio de crecimiento radicular en Molle en placa petri. | 31 |
| Figura 6.11: Relación de velocidad de germinación/Porcentaje de germinación acumulado para Maitén en almacigueras. | 33 |
| Figura 6.12: Promedio diario de crecimiento de tallos en Maitén en almacigueras. | 34 |
| Figura 6.13: Análisis de Varianza para capacidad germinativa de Maitén en ensayo de Almaciguera. | 35 |
| Figura 6.14: Relación de velocidad de germinación/Porcentaje de germinación acumulado para Molle en almacigueras. | 36 |
| Figura 6.15: Promedio diario de crecimiento de tallos en Molle en almacigueras. | 37 |

| | |
|--|----|
| Figura 6.16: Resultados de Análisis de Varianza para capacidad germinativa de Molle en ensayo de Almaciguera. | 38 |
| Figura 6.17: Grafico de caja ANOVA realizado a datos de repique inicial Maitén..... | 39 |
| Figura 6.18: Grafico de caja ANOVA realizado a datos de repique tardío Maitén. | 40 |
| Figura 6.19: Gráfica Resumen de Análisis Estadístico para Repiques Iniciales de Molle. | 42 |
| Figura 6.20: Gráfica Resumen de Diferencias Estadísticas entre los Tratamientos y días para Repiques Tardíos en Molle. | 43 |
| Figura 6.21: Bancales para etapa en suelos. | 44 |
| Figura 6.22: Gráfica de pH en Muestras de Suelo..... | 45 |
| Figura 6.23: Gráfica de Nitrógeno Disponible en Muestras de Suelo. | 46 |
| Figura 6.24: Gráfica de Materia Orgánica en Muestras de Suelo. | 47 |
| Figura 6.25: Gráfica de Fósforo Disponible en Muestras de Suelo..... | 48 |
| Figura 6.26: Potasio Intercambiable en Muestras de Suelo. | 48 |
| Figura 6.27: Relación Calcio/Magnesio en Muestras de Suelo. | 49 |
| Figura 6.28: Calcio Intercambiable en Muestras de Suelo. | 49 |
| Figura 6.29: Magnesio Intercambiable en Muestras de Suelo..... | 50 |
| Figura 6.30: Relación Potasio/Magnesio en Muestras de Suelo. | 50 |
| Figura 6.31: Gráfica de Capacidad de Campo para Muestras de Suelo..... | 51 |

V. GLOSARIO

Epigea: Que se desarrolla sobre el suelo.

Fotosintato: Producto químico resultante de la fotosíntesis.

Glabro: Desprovisto de pelo o vellos.

Heterocistos: Célula diferenciada de un filamento de cianobacterias de pared gruesa especializada en la fijación de nitrógeno atmosférico.

Pecioladas: Hoja provista de pecíolo.

Pecíolo: Tallito de hoja que une la base de ésta al tallo.

Plantín: Plantas en pequeñas macetas listas para su trasplante.

Repique Inicial: Plantas con una edad de entre 1 – 1 ½ mes.

Repique Tardío: Plantas con una edad de entre 3 a 6 meses.

Hipocótilo: Región del tallo que está por debajo de los cotiledones.

Radícula: Primera parte de una plántula que emerge de la semilla durante el proceso de germinación.

Plántula: Estadío del desarrollo del esporófito que comienza cuando la semilla rompe su dormancia y germina, y termina cuando el esporófito desarrolla sus primeras hojas no cotiledonares.

Cotiledón: Hojas primordiales de las plantas con flores y que se desarrollan en la germinación de las semillas.

Cianobacteria: Es un filo del dominio Bacteria que comprende las bacterias capaces de realizar fotosíntesis oxigénica.

Bioinoculante: Preparado de microorganismos que se aplica al suelo con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización inorgánica.

Germinación: Conjunto de procesos que se producen en la semilla desde que el embrión comienza a crecer hasta que se ha formado una pequeña planta.

Diámetro a la altura del cuello (DAC): Indicador de la capacidad de transporte de agua hacia la parte aérea, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa de tolerar altas temperaturas.

Suelo: Es la capa superficial de la corteza terrestre, constituida en su mayoría por residuos de roca provenientes de procesos erosivos y otras alteraciones físicas y químicas, así como de materia orgánica fruto de la actividad biológica que se desarrolla en la superficie.

Ecosistema: Es un sistema que está formado por un conjunto de organismos, el medio ambiente físico en el que viven (hábitat) y las relaciones tanto bióticas como abióticas que se establecen entre ellos.

Restauración ecológica: La acción de reponer el medio ambiente o uno o más de sus componentes a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al daño causado o, en caso de no ser ello posible, restablecer sus propiedades básicas.

1 INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los incendios forestales son una de las causas más relevantes en la destrucción de bosques, ya que con su propagación arrasan con grandes extensiones de vegetación, lo que trae como consecuencia la fragmentación del bosque, la deforestación y desertificación. Chile no es ajeno a este tipo de catástrofes, ocurriendo unos 6.000 incendios anuales en promedio (Sistema de Información Digital para el Control de Operaciones – SIDCO CONAF, 2023). La Corporación Nacional Forestal (CONAF), define un incendio forestal como “un fuego que, cualquiera sea su origen y con peligro o daño a las personas, la propiedad o el ambiente, se propaga sin control en terrenos rurales, a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta. Es decir, es el fuego que quema árboles, matorrales y pastos. Es un fuego injustificado y descontrolado en el cual los combustibles son materiales vegetales y que, en su propagación puede destruir ganado, viviendas, como también vidas humanas”. (CONAF, 2011). El origen de estos se atribuye casi en su totalidad a la acción humana, ya sea por descuidos o negligencias en la utilización de fuentes de calor.

Así mismo, el Manual con Medidas para la Prevención de Incendios Forestales (CONAF, 2011) indica que existen distintos tipos de incendios forestales, y en el Libro ¿Qué sabemos de? Incendios Forestales de la autora Juli Pausas (2012), estos se definen como:

- De superficie, siendo estos de los más comunes y llegando a quemar el sotobosque, se define como un incendio en el que el fuego se propaga en la superficie, por el estrato herbáceo la hojarasca. Dependiendo de la densidad de los árboles, los incendios de superficie se llegan a definir como “incendios de sotobosque” (en bosques densos).
- Aéreo, de copas o corona, en los cuales el fuego afecta prácticamente a toda la parte aérea de las plantas (y a todos los estratos de la vegetación). El fuego puede propagarse por las copas independientemente de la propagación por la superficie (incendio de copa independiente), simultáneamente por la superficie y por las copas (incendio de copa activa) o sólo por la superficie y afectando a las copas desde la superficie (incendio de copa pasivo).
- Subterráneos, correspondientes a un fuego que quema las raíces, por lo cual no suele generar llamas en la superficie, si no que arde desde el subsuelo, quemando la capa de humus del suelo y la micro-fauna.

Es así, que en un incendio forestal se dan combinaciones de los tipos antes señalados, como en los ocurridos durante marzo de 2021 en la Reserva Nacional Lago Peñuelas (El Mostrador, 2021), que fue una combinación entre incendio superficial e incendio de copas.

Mencionando, además, que los efectos del fuego sobre los suelos y la vegetación no son menores y si bien, los impactos que este pudiera generar dependen de la intensidad del incendio, su recurrencia y duración, pueden llegar a generar impactos directos, tales como pérdida y/o alteración de la vegetación y degradación del suelo, e impactos indirectos, los cuales van desde la erosión del suelo a la afectación en las propiedades (físicas, químicas y biológicas), productividad del suelo, disminución de la materia orgánica y pérdida de nutrientes. (Ulibarry, 2017)

1.2 SUELO

El suelo, se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado, el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas. es una capa delgada que se ha ido formado lentamente a partir de la desintegración de las rocas por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. (La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2023)

Cabe señalar, que todo suelo está constituido por minerales, diminutos organismos vegetales, animales, aire, agua y materia orgánica, siendo un porcentaje ideal de materia orgánica presente en el suelo cercano a 5%, tal como lo estipula AGRI nova Science.

En la región de Valparaíso, están presentes los suelos de pradera costera, los suelos pardos no cálcicos y los suelos pardos forestales, además de dos formaciones recientes (suelos aluviales y dunas). En el caso de la Reserva Nacional, según lo descrito en el Plan de Manejo Reserva Nacional Lago Peñuelas (1999), ésta presenta dos tipos de formación de suelo:

- Suelos rojos graníticos arcillosos. Se encuentran ocupando la posición de cerros y están representados por la serie Lo Vásquez, con una superficie de 4.963,5 (ha).
- Suelos depositacionales. Ocupan posiciones de piemonte, valle intermontanos y llanura inferior. Comprenden la serie de suelos La Engorda con 876,0 (ha); Peñuelas con 44,8 (ha) y Mutilemu con 1.293,0 (ha).

El suelo es uno de los componentes del ecosistema que más se ve afectado por la ocurrencia de los incendios forestales, ya que, estos últimos pueden dejar desprovistos de materia orgánica, nutrientes y cubierta vegetal. En la entrevista realizada por Michael Seguel, Fuentes

(2023) plantea que “Producto de la combustión, existe una pérdida inmediata de hojarasca y humus del suelo (ambos componentes de la materia orgánica del suelo), como también de animales y microorganismos del suelo, generando una liberación de dióxido de carbono a la atmósfera, además de la pérdida de compuestos orgánicos y su consecuente transformación a CO₂, se produce la pérdida de otros nutrientes esenciales, tales como el nitrógeno orgánico, el cual se volatiliza durante incendios de alta intensidad”.

Por consiguiente, el análisis de suelos es una herramienta de gran utilidad para diagnosticar problemas nutricionales y establecer recomendaciones de fertilización, enfatiza la Ingeniera Eloy Molina, M.Sc del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, quien además agrega que, cuando el nivel de un nutriente se encuentra debajo o por encima del nivel crítico, el crecimiento de la planta se verá afectado en forma negativa o positiva según la concentración de dicho nutriente.

En esta misma línea, ella afirma que el análisis de suelos cumple con dos funciones básicas:

- a. Indica los niveles nutricionales en el suelo y, por lo tanto, es útil para desarrollar un programa de fertilización.
- b. Sirve para monitorear en forma regular los cambios en la fertilidad del suelo que ocurren como consecuencia de la explotación agrícola y los efectos residuales de la aplicación de fertilizantes.

1.3 ESPECIES VEGETALES

Para efectos del presente trabajo, el ensayo se ejecutó con las especies *Schinus latifolius* (Molle) y *Maytenus boaria* (Maitén), representativas del bosque esclerófilo presente en la Reserva Nacional Lago Peñuelas, justificado además de esto, en que son las especies con mayor disponibilidad en viveros comerciales y de la reserva misma, desde donde fueron adquiridas (repique inicial y repique tardío) y las semillas para llevar a cabo este trabajo.

En cuanto a las especies de *Schinus latifolius* (Molle) y *Maytenus boaria* (Maitén), según Hoffmann (1979), la especie Molle habita en faldas asoleadas de los cerros, sobre todo cerca del mar, entre Coquimbo y Concepción. Es un árbol o arbusto frecuente siempreverde, de 1 a 2,5 (m) de altura (**Figura 1.1**). Sus hojas son alternas, pecioladas, de 3 a 7 (cm) de largo, ovaladas, con borde aserrado y de nervadura muy marcada.

Durante su periodo de floración contenida entre los meses de septiembre a octubre, presenta flores pequeñas, de 2 a 3 (mm) de diámetro, en racimos terminales y axilares, de colores blanco amarillenta. Las semillas están contenidas en un fruto drupa globosa de color morado (**Figura 1.2**) negruzco, presentando en su interior una sola semilla relativamente pequeña con un diámetro entre 3-4 (mm). En cuanto a la germinación, esta es del tipo epígea y ocurre a contar de los 22 días, teniendo un crecimiento rápido en un comienzo, para luego lentificarse en el quinto año (Riedemann & Aldunate, 2001).

Su exposición al sol suele ser a pleno sol, en zonas planas o laderas de exposición norte hasta sombra en laderas pronunciadas de exposición sur, quebradas pronunciadas, o bien bajo la

protección de una densa capa de árboles más grandes. No resiste bien a las heladas y se distribuye en áreas de secano, donde el periodo sin precipitaciones dura entre 3 a 5 meses y estas no alcanzan los 800 mm anuales. (Viveros Valparaíso, 2023)



Figura 1.1: Molle (*Schinus latifolius*). Fuente: Chilebosque.cl



Figura 1.2: Semillas de Molle (*Schinus latifolius*). Fuente: Chile bosques.

Por otra parte, la especie Maitén, habita en bordes de cursos de agua, laderas y praderas soleadas, entre la Provincia de Huasco (Región de Atacama) y la Provincia de Chiloé (Región de Los Lagos), es un árbol siempreverde, con ramas colgantes, 3 a 15 (m) de alto (**Figura 1.3**); posee hojas alternas, simples, pecioladas de 1 a 8 (cm) de largo, lanceoladas a elípticas, con borde aserrado y nervadura marcada. Durante su ciclo de vida que abarca desde la floración entre los meses de septiembre a diciembre, presenta flores de 5 a 6 (mm) de

diámetro, solitarias o en fascículos de 3 a 10 unidades, las flores masculinas son de color amarillo amarronado, mientras que las flores femeninas son de color verde con líneas púrpuras.

Durante los meses de diciembre a marzo, se forma y madura su fruto, el cual es una cápsula ovoide de color rojo, comprimida, de 6 a 7 (mm) de longitud, contiene 1 a 2 semillas elipsoides de 4,5 - 5 (mm) de largo, casi o totalmente cubiertas por el arilo carnoso, de color rojo-anaranjado, tal como se ve en la **Figura 1.4** (Vivero Nativos de Cantillana, 2023). En cuanto a la germinación, esta especie presenta una germinación epigea, a contar de los 45 días (Takayashiki, Williams, Schenk, Alvarado, & Greau, 1998). A partir de los 10 o 15 días después de iniciarse la germinación, se abren los cotiledones (de color verde intenso), además comienzan a aparecer las raicillas en una radícula de 4 a 5 (cm) a los 15 o 20 días del proceso. A los 30 a 40 días desde iniciada la germinación, comienzan a aparecer las hojas verdaderas que alcanzan su tamaño normal. (Alvarado, Levet, & CONAF, 2014).

Son árboles que pueden permanecer bajo una alta exposición al sol sin ninguna protección, prefiriendo terrenos planos o laderas de exposición norte, otra característica es que resisten heladas ocasionales no prolongadas hasta de aprox. -5°C. Respecto al régimen hídrico que poseen, este es bastante variado, ya que soportan áreas con constantes precipitaciones y periodos secos, pero en lo posible no superiores a 1 mes. (Viveros Valparaíso, 2023)



Figura 1.3: Maitén (*Maytenus boaria*). Fuente: Viveros Valparaíso.



Figura 1.4: Semillas de Maitén (*Maytenus boaria*). Fuente: arbolesnativos.cl

1.4 USO DE CIANOBACTERIAS COMO BIOINOCULANTE

Las cianobacterias (Cb) son un filo de organismos procariotas, autótrofos y unicelulares capaces de realizar fotosíntesis oxigénica, contienen tantos pigmentos fotosintéticos típicos de las algas eucariontes y plantas, la clorofila a, como pigmentos específicos, las flicobilinas, que les confieren el típico color verdeazulado y unas características ecológicas. (Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Rural y Agua del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino., 2011).

Para efectos de esta investigación se utilizará el género de cianobacteria denominada *Anabaena cylindrica*, corresponde a organismos fotosintéticos filamentosos (**Figura 1.5**), conocidas por su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico por parte de los heterocistos (células especializadas que perdieron la capacidad de hacer fotosíntesis), pues presentan una enzima especializada llamada nitrogenasa que le permite convertir el N_2 atmosférico en amoníaco (NH_4^+), el cual puede ser utilizado por otros organismos del ecosistema. (Gómez, 2023)



Figura 1.5: *Anabaena cylindrica* bajo microscopio aumento 10x.

Ahora bien, estas cianobacterias fueron recolectadas desde el Tranque La Luz ubicado en Placilla de Peñuelas, para ser cultivadas en un medio de cultivo en base a las cenizas de madera recolectadas desde el incendio, las cuales contienen una variedad de nutrientes indispensables para las plantas y el suelo, aunque depende del tipo de madera; pero por lo general presenta elementos como K, Ca, Mg, P que se encuentran de formas soluble (Rodríguez & Solla, 2001), y algunos micronutrientes como Fe, Mn, Zn y Cu.

Es por esto, que, a partir de cenizas de madera de Eucalipto, mediante la utilización de fotobiorreactores instalados en el laboratorio de Organismos Fotosintéticos de la Escuela de Ingeniería en Medio Ambiente de la Universidad de Valparaíso, se está produciendo el Bioinoculante en base a cianobacterias.

1.5 RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

La restauración ecológica es una actividad intencional que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema nativo con respecto a su salud, integridad y sustentabilidad.

Como referencia se puede definir, de una forma general, como el proceso de ayudar al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido. (Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas., 2004)

Es importante tomar en cuenta que la restauración ecológica será un proceso que intentará replicar las condiciones y procesos ecológicos previos al incendio, no siempre siendo este un proceso que llegue a igualar completamente la escena previa (Fernández, y otros, 2010).

En esta misma línea, la restauración no depende sólo de quién la realice, sino más bien de tres etapas definidas en el documento Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales (Fernández, y otros, 2010):

1. Planificación: en donde se postulan los objetivos para llevar a cabo la acción determinando la problemática por la cual se llevará a cabo la restauración.
2. Implementación: para esta etapa es de suma importancia contar con;
 - a. Un ecosistema de referencia (Moreno, 2021), que para el caso de este trabajo corresponderá a un área perteneciente a un uso de suelo de bosques. El cual debe cumplir con la especificación de encajar con un piso vegetacional del Bosque esclerófilo mediterráneo costero de *Cryptocarya alba* - *Peumus boldus* (Luebert & Pliscoff, 2018). De igual modo, el Documento Marco para la Restauración Ecológica (Comité Nacional de Restauración Ecológica, 2017) estipula que, en estos ecosistemas de referencia, si existen en el paisaje, pueden estar cerca o lejos del proyecto física y temporalmente.
 - b. Elección de la especie vegetal (Moreno, 2021), en este caso, depende el punto anterior, ya que deben pertenecer al bosque mencionado, además de tomar en cuenta el stock disponible (Fernández, y otros, 2010) de semillas y plantines en el sector (Vivero de la RN Lago Peñuelas), punto clave que llevó a la elección de Molle y Maitén para llevar a cabo este trabajo.

3. Monitoreo, para llevar a cabo se toma en cuenta los objetivos propuestos y las condiciones que se tomaron como referencia para la restauración.

Dentro de esta misma línea es importante mencionar que una restauración ecológica se simplifica debido a que estas mismas se encuentran insertas en un marco internacional, que junto a iniciativas nacionales de políticas e instrumentos son capaces de llevarse a cabo.

Así es que, comenzando desde la suscripción de Chile a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), nace bajo la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Naciones Unidas adoptar medidas para promover de manera sostenible la prosperidad de los países protegiendo el planeta, en este caso tomando acciones ante el cambio climático. De igual manera como lo hace el Objetivo N°15 (Secretaría Técnica Consejo Nacional de Implementación de la Agenda 2030, s.f.) que tiene relación con la biodiversidad terrestre en términos de proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la biodiversidad biológica, que a su vez va de la mano con las recomendaciones que entregó la OCDE a nuestro país en 2016 relacionado con conservación y uso sostenible de la biodiversidad biológica.

Desde el ámbito nacional, nace la Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030 (ENB) la cual constituye el instrumento integrador de los principales objetivos estratégicos, acciones y metas país en materia de conservación y uso sustentable de la biodiversidad. Ésta consideró en su desarrollo el Plan Estratégico del CDB y las Metas Aichi 2011- 2020, los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda para el Desarrollo Sostenible al 2030 de Naciones Unidas, las recomendaciones de las evaluaciones de desempeño ambiental del país, realizadas por OCDE en 2005 y 2016, la evaluación de los avances de la ENB 2003 - 2016 y las prioridades nacionales y gubernamentales fijadas para este periodo (Comité Nacional de Restauración Ecológica, 2017).

Por último, la restauración ecológica en nuestro país también se enmarca en políticas públicas, tales como, la Política Nacional Forestal 2015 – 2035 (Comité Nacional de Restauración Ecológica, 2017), la cual, entre sus 4 ejes estratégicos, destaca el de protección y restauración del patrimonio forestal, el cual incluye los siguientes objetivos de impacto que se relacionan estrechamente con la restauración ecológica, estos son:

- Restaurar el patrimonio forestal afectado por diversos tipos de catástrofes naturales e intervenciones antrópicas (...) y que tengan consecuencias negativas sobre el suelo, el agua y la biodiversidad.
- Orientar el manejo del patrimonio forestal nativo con fines de protección y conservación -particularmente aquel que ha sido intervenido en las áreas de interés ecológico y cultural- de acuerdo con criterios que emanan de la mantención de la biodiversidad, regulación del ciclo hidrológico, ciclo de carbono, ciclo de nutrientes y control de procesos de erosión y sedimentación.

- Prevenir y controlar los problemas fitosanitarios y de especies invasoras en el patrimonio forestal.
- Reducir la ocurrencia y minimizar los impactos generados por los incendios forestales, mediante acciones de prevención y control.

1.6 ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva Nacional Lago Peñuelas, conocida así desde 1970, es un recinto administrado por CONAF y protegido por el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). Cuenta con una superficie de 9.262,3 (ha) de superficie (CONAF, 2023), la cual en conjunto al Parque Nacional La Campana, en el año 1985 fue declarada Reserva de la Biosfera “La Campana-Peñuelas”.

Es importante destacar que la Corporación Nacional Forestal (CONAF) designó un emplazamiento concreto como el sitio de ejecución para llevar a cabo esta investigación. Esta decisión se basa en el hecho de que dicho lugar sufrió daños a raíz de los devastadores incendios forestales que acontecieron en el transcurso del año 2021.

Ahora bien, en la **Figura 1.6** se muestran los sitios de trabajo ubicados en las siguientes coordenadas:

Tabla 1.1: Coordenadas UTM para sitios de trabajo.

| Coordenadas UTM | X | Y |
|-----------------------------|-----------|------------|
| Área de trabajo en Bancales | 267374,40 | 6325892,50 |
| Área de trabajo en Vivero | 267164,10 | 6324932,00 |



Figura 1.6: Área de trabajo del proyecto en la Reserva Nacional Lago Peñuelas. Fuente: Google Earth.

2 PROBLEMA

Debido al aumento de incendios forestales en nuestro país, se ha originado una pérdida de ecosistemas del bosque nativo, especialmente del bosque esclerófilo, característico en la zona central de Chile, generando la alteración y degradación de la vegetación esclerófila, aumentando los índices de erosión, disminuyendo la cantidad de nutrientes y materia orgánica presente en los suelos. Esta situación también ha afectado a la región de Valparaíso, con los incendios forestales que se desarrollaron durante el periodo 2021 en la Reserva Nacional Lago Peñuelas.

Uno de los grandes problemas que tiene la recuperación de ecosistemas es la falta de mejoradores de suelo de bajo costo disponibles en estas zonas, como enmiendas orgánicas que puedan ser aplicadas a los suelos afectados para cooperar en las etapas primarias de una restauración ecológica, así como también para ser utilizadas como un biofertilizante en plantas y primeros estadios germinativos, potenciando de esta forma el crecimiento de la costra vegetal presente en los suelos, la cual es claramente una solución inmediata a la erosión que se provoca después de un incendio forestal, en donde además de un suelo desprovisto de vegetación, la ceniza actúa como una capa hidrofóbica que contribuye a la erosión de la zona afectada.

3 OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de cianobacterias como bioinoculante en el suelo, plantas en etapa de viverización y semillas en la Reserva Nacional Lago Peñuelas.

4.2 ESPECÍFICOS

1. Determinar el efecto de la aplicación de cianobacterias en etapa de germinación y viverización de las especies *Schinus latifolius* y *Maytenus boaria*.
2. Analizar el efecto de la aplicación de cianobacterias en suelos degradados por incendios forestales.
3. Comparar económica y técnicamente, a nivel de prefactibilidad, la biotecnología propuesta.

5. METODOLOGÍA

4.1 OBJETIVO 1

Para el desarrollo y planteamiento de la metodología que se utilizó para el primer objetivo del presente documento, se realizó una revisión y adecuación de lo estipulado en el documento de Álvarez *et al.*, (2021), en donde se estipula el uso de dos tratamientos y su respectivo control, los cuales se definen de la siguiente manera:

- Tratamiento control (T0), tratamiento que será inoculado sólo con agua.
- Tratamiento uno (T1), tratamiento que será inoculado con una concentración de bioinoculante de 4 (g/m²).
- Tratamiento dos (T2), tratamiento que será inoculado con una concentración de bioinoculante de 8 (g/m²).

4.1.1 Etapa de germinación

4.1.1.1 Materiales para la germinación

Para llevar a cabo este ensayo fue necesario contar con los siguientes materiales:

- Semillas de Molle.
- Semillas de Maitén.
- 96 placas Petri.
- Papel filtro.
- 6 almacigueras de 72 cavidades.
- Sustrato orgánico (tierra).
- Pala pequeña.
- Rociador.
- Pie de metro.
- Bioinoculante en base a cianobacterias.
- Toalla de papel.
- Vaso precipitado 500 ml.
- Agua destilada.

5.1.1.2 Método de la etapa de germinación

Para el caso de la aplicación del bioinoculante en base a cianobacterias en la etapa de germinación de las semillas de Molle y Maitén, se debieron realizar diferentes actividades tanto para el pre como la post inoculación, las que se describen a continuación, tomando en cuenta que estas actividades deben realizarse para el desarrollo de los ensayos en placa Petri y almaciguera.

- Actividades pre-inoculación:
 - a. Obtener las semillas y refrigerarlas en su empaque durante una noche.

- b. Limpiar las semillas mediante escarificación mecánica (frotación) en una tela o toalla de papel (INFOR, 2001), para así desprenderle la testa (recubrimiento duro de la semilla), favoreciendo así la germinación de las semillas.
- c. Remojar las semillas limpias durante 48 horas en un vaso precipitado con agua, para determinar las semillas viables, ya que, una semilla que se queda flotando suele ser porque no ha finalizado su desarrollo correctamente, lo que significa que en su interior puede no haber nada, o por el contrario puede haber un embrión que no ha terminado su desarrollo. En cualquiera de estos dos casos, el peso de esta semilla es ligeramente inferior al de una que es viable. Esta diferencia, aunque es realmente inapreciable, es suficiente para que una se quede flotando y la otra se hunda. (InfoAgro, 2021)
- d. Posterior al remojo, se procedió a depositar las semillas en las almacigueras y las placas Petri, dos y cinco semillas respectivamente, se rotuló cada depósito con T0 (control), T1 (tratamiento uno) y T2 (tratamiento dos), para proceder a inocular con la concentración del bioinoculante en base a cianobacterias, en concentración 4 (g/m²) y 8 (g/m²) según corresponda, sin olvidar las muestras control (T0) que solo son regadas con agua.

- Actividades post inoculación:

- a. Se realizó un monitoreo día por medio, días en los cuales se debió observar cualquier cambio que pudiesen mostrar las semilla. Además, luego de que se observara el hipocótilo de cada una de las semillas, se debe registrar el crecimiento, en (mm), mediante la medición de la longitud de estos con un pie de metro, lo que debió ser registrado en las tablas que se presentan a continuación, en una planilla excel.

Tabla 5.1: Planilla excel para registro de datos.

| | | FECHA (dd-mm-aaaa) | | | | |
|--------------------------|----------------|--------------------|---|---|---|--|
| Número de la placa Petri | Semillas | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1 | C | s/c | 0 | H | M | |
| 2 | n ^a | D | | | | |
| n | | | | | | |

Donde:

C, corresponderá a las semillas con crecimiento de radícula, registrado en milímetros.

s/c, corresponderá a las semillas con presencia de hipocótilo, pero sin crecimiento de radícula.

0, corresponderá a las semillas no germinadas.

H, corresponderá a las semillas descartadas por presencia de hongos.

M, corresponderá a las semillas aparentemente podridas o huecas (muertas).

n^a, corresponderá a las semillas con crecimiento de radícula, pero con presencia de cotiledón

D, corresponderá a la radícula desprendida de la semilla germinada.

Tabla 5.2: Planilla excel para registro de datos.

| | | FECHA (dd-mm-aaaa) | | | | |
|-------|----------|--------------------|---|---|---|---|
| Placa | Semillas | | | | | |
| | TG | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | | 0 | 1 | G | H | M |
| 2 | | | | | | |
| n | | | | | | |

Donde:

TG, corresponde a la suma total de semillas germinadas por placa diariamente.

0, corresponde a "semilla no germinada"

1, corresponde a "semilla germinada"

G, corresponde a "semilla germinada" pero en el día anterior.

H, corresponde a "semilla con hongos"

M, corresponde a "semilla muerta"

Tabla 5.3: Planilla excel para registro de datos.

| | |
|---|---|
| Día | Correspondió a la cantidad de días que se tomen mediciones de las semillas. |
| Capacidad Germinativa | Correspondió a la cantidad de semillas que germinen diariamente. |
| Acumulado Capacidad Germinativa | Correspondió a la cantidad acumulada de las semillas que germinaron diariamente. |
| Total semillas sin hongos | Correspondió a la cantidad de semillas que no presentan hongos. |
| Porcentaje de Germinación | Correspondió al cociente entre la capacidad germinativa y el total de semillas sin hongos. |
| Acumulado Porcentaje de Germinación | Correspondió al acumulado diario del cociente entre la capacidad germinativa y el total de semillas sin hongos. |
| Promedio diario de crecimiento radicular | Correspondió al promedio, en milímetros, del crecimiento de las radículas de cada una de las semillas. |
| Velocidad de Germinación | Correspondió a los datos diarios de velocidad de germinación. |

Las tablas presentadas anteriormente, se utilizaron tanto para el registro de datos de semillas de Maitén como de Molle. Así también fueron utilizadas para realizar gráficas que evidencien la capacidad germinativa de los tratamientos y el porcentaje acumulado de germinación, la cual será contrapuesta a la velocidad de germinación en cada tratamiento.

Es así, que la velocidad de germinación se calculó a partir del documento titulado “Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*”. (González Zertuche & Orozco Segovia, 1996) la cual se presenta a continuación:

$$M = \sum \left(\frac{n_i}{t} \right)$$

Ecuación 5.1: Velocidad de germinación.

Donde:

M, velocidad de Germinación.

n_i, número de semillas germinadas el día *i*.

t, tiempo de germinación desde la siembra hasta la germinación de la última semilla.

Ahora bien, para realizar un análisis estadístico más elaborado, se utilizó el software estadístico Stata, en donde se realizará una prueba de normalidad Shapiro-Wilk y un ANOVA de ser posible, por especie para determinar si es que existen diferencias estadísticas entre los tres tratamientos. En el caso de que exista dicha diferencia se procedió a realizar una prueba de Tukey.

5.1.2 Etapa de viverización

5.1.2.1 Materiales para la etapa de viverización

Para llevar a cabo la etapa de viverización, se utilizaron los siguientes materiales:

- Plantines de Maitén.
- Plantines de Molle.
- Bioinoculante en base a cianobacterias.
- Pie de metro.
- Huincha de medir.
- Regadera.

5.1.2.2 Método para la viverización

Al igual que en el caso de la inoculación con el bioinoculante en base a cianobacterias en la etapa de germinación, para el caso de los plantines de Molle y Maitén, se realizaron actividades previas *in situ*, las cuales se efectuaron en el vivero instalado en la Reserva Nacional Lago Peñuelas, las que se describen a continuación:

- a. Obtención de los plantines de Molle y Maitén, de repique inicial (1 - 1 ½ mes) y repique tardío (3 – 6 meses).
- b. Rotular los plantines de cada especie según la concentración del Bioinoculante que se utilizará (T0: control, T1: 4 (g/m²), T2: 8 (g/m²) y T3: 8 (g/m²) total (inoculación de 4 (g/m²) + 4 (g/m²) con diferencia de 15 días entre cada aplicación). Cabe destacar, que para cada tratamiento se tendrán 45 réplicas de cada una de las especies.
- c. Inicialmente, se debe regar con agua cada uno de los plantines a utilizar.
- d. Al cabo de una semana, se procede a inocular cada uno de los plantines con la concentración correspondiente a su rotulación, además, deben ser regados con agua.
- e. Luego de la inoculación, se debe monitorear el crecimiento de los plantines (cm) y el grosor de los tallos (DAC)(mm). Cada uno de los monitoreos, corresponde a la medición a través de huincha de medir y pie de metro.

Estos datos serán registrados en una planilla excel, especificando la fecha y la variable que se esté monitoreando, datos que posteriormente serán analizados en el software Stata.

5.2 OBJETIVO 2

Para el desarrollo y planteamiento de la metodología que se utilizó para el segundo objetivo, se realizó una revisión y adecuación de lo estipulado en el documento de Álvarez et al., (2021) al igual que en el objetivo anterior.

5.2.1 Etapa en Suelos

5.2.1.1 *Materiales para la etapa en suelos*

A continuación, se presenta el detalle de los materiales y equipos necesarios para llevar a cabo la etapa en suelos:

- Bolsas de basura negra 50x70 cm.
- Pala.
- Cinta masking tape 48 mm.
- Pino dimensionado seco 2x10x3,20 m.
- Pino dimensionado seco 2x2x3,20 m.
- Taladro atornillador.
- Tornillo zincado rosca 3".
- Sierra eléctrica.
- Escuadra.

5.2.1.2 *Método*

Para llevar a cabo este objetivo, primero se realizó la toma de muestras de suelo del área de trabajo indicada en la **Figura 1.6**, a una profundidad de 10 cm (Barriga, 2011) para verificar su concentración de materia orgánica, justificando así el uso de este suelo como un suelo degradado, siempre y cuando se encuentre bajo un 5% de materia orgánica. (AGRI nova Science, 2017)

Para ello, se siguió el procedimiento de toma de muestras que indica el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) (INIA, 2012), el cual se ve simplificado en la siguiente figura.

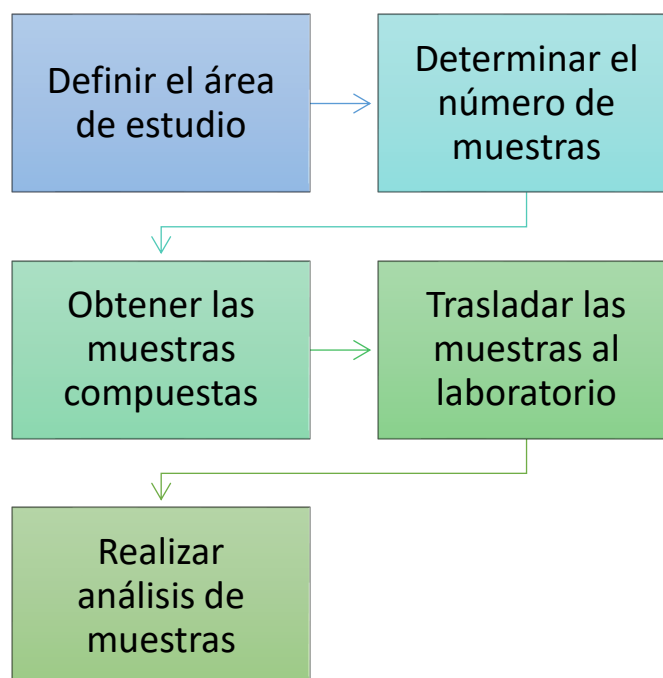


Figura 5.1: Diagrama del procedimiento de toma de muestras del suelo. Fuente: (INIA, 2012)

En el último paso, denominado "Realizar análisis de muestras", se enviaron las muestras de cada mes, comenzando con la muestra 0 en el mes de septiembre, al Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso para su posterior análisis.

Luego de que se obtuvo la cantidad de materia orgánica presente en la zona muestreada, y siempre y cuando estos contuviesen una cantidad menor al 5% de materia orgánica, se procedió a la fijación de dichos sitios como los puntos en los que se llevó a cabo el proceso de bioinoculación y, por consiguiente, la construcción de 9 bancales (estructuras de madera), con una dimensión de 0,5 x 0,5 (m), siendo instalados 3 por cada tratamiento.

Hablando de la materia orgánica, esta tiene una elevada capacidad de intercambio catiónico, esto es una gran capacidad para retener cationes en el suelo. Además, favorece la microestructura del suelo siendo un elemento muy positivo en la lucha contra la erosión de estos. Y en general favorece también el desarrollo de microfauna edáfica. Todos estos factores hacen que este parámetro sea muy útil para conocer de forma indirecta la fertilidad de un suelo determinado.

El contenido en M.O. es más elevado, en general, en los primeros centímetros del suelo (primeros 5 cm de profundidad en zonas naturales y unos 10 cm en zonas cultivadas), disminuyendo en profundidad primero drásticamente y después paulatinamente hasta llegar casi a desaparecer a los 30-60 cm según el caso.

A la hora de realizar un muestreo con el objetivo de conocer el contenido en M. O. es necesario tener en cuenta lo anterior, es decir, tener cuidado en tomar la muestra lo más superficial

posible, esto dará idea del contenido más elevado en materia orgánica que tiene el suelo. (Valero, 1993)

Habiendo construido cada bancal, se instalaron en la zona seleccionada y se llevó a cabo la inoculación, la cual constó de la subdivisión de la zona, obteniendo así: T0, T1, T2 y T3, en donde, T0 corresponderá al control, siendo regado sólo con agua, T1 corresponderá a la inoculación con cianobacterias a una concentración de 4 (g/m²), T2, que fue el triplicado que se inoculó con una concentración de 8 (g/m²) y por último, el triplicado de T3 que fue inoculado en dos tandas, separando dicha aplicación con 15 días de diferencia, al igual que en la etapa de viverización, logrando una concentración final de 8 (g/m²) total (inoculación de 4 (g/m²) + 4 (g/m²).

Siguiendo este mismo esquema, se llevó a cabo un proceso de seguimiento y monitoreo, en donde se realizó un regadío semanal con agua en cantidades iguales y a su vez, toma de muestras de los sitios indicados, para determinar fertilidad completa. Estos análisis incluyen los valores de: pH, CE (Conductividad eléctrica), materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, calcio, magnesio, zinc, manganeso, hierro y cobre, que fueron analizados en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar PUCV de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Finalmente, luego de la obtención de los resultados de cada una de las muestras mes a mes, estas fueron presentados a través de gráficas que evidencian los cambios en los parámetros antes mencionados, realizando una comparativa entre cada uno de los tratamientos realizados y sus valores referenciales.

Es así que, se utilizó la tabla general de interpretación de análisis de los suelos agrícolas (McKean, 1993) y adaptada en conjunto a lo planteado en el Informe de Análisis de Suelo, Metodología e Interpretación (Bernier y Undurraga, 2022), donde se establecen 3 rangos para cada parámetro: Bajo, Medio y Alto.

Tabla 5.4: Parámetros de caracterización de suelos. (Adaptada de McKean, 1998; Bernier y Undurraga, 2022)

| Parámetro | Unidades | Bajo | Óptimo | Alto |
|-----------------------------------|-----------------|-------------|---------------|-------------|
| Nitrógeno (N) | mg/kg | < 20 | > 20 | - |
| Fósforo (P) | mg/kg | < 5,0 | 5,0 – 15,0 | > 15 |
| Potasio Intercambiable (K) | cmol(+)/kg | < 0,25 | 0,26 – 0,51 | > 0,52 |
| Calcio Intercambiable | cmol(+)/kg | 2 - 5 | 9 - 15 | > 15 |
| Magnesio Intercambiable | cmol(+)/kg | 0,26 – 0,50 | 1 - 2 | > 2 |
| Relación Ca/Mg | Fertilidad | < 4 | 5,0 – 9,0 | > 10 |
| Relación K/Mg | Fertilidad | < 0,1 | 0,2 – 0,3 | > 0,5 |
| Materia Orgánica | % | < 5 | > 5 | > 10 |
| Capacidad de Campo | % | 7 - 12 | 20 - 30 | > 30 |
| pH | | < 5 | 5 - 6 | > 7 |

5.3 OBJETIVO 3

Para realizar la evaluación económica y técnica se llevó a cabo una revisión bibliográfica acerca de la biotecnología propuesta y fertilizantes de origen natural y químicos disponibles en el mercado que sean de conocimiento popular. Posterior a ello, se compararon las diferentes opciones de productos disponibles mediante los atributos definidos a continuación:

- a) Rendimiento: Corresponderá al valor porcentual del rendimiento por hectárea.
- b) Transporte: Corresponderá a las condiciones de transporte, especificadas, si corresponde en la Hoja de Datos de Seguridad.
- c) Costo de aplicación: Corresponderá al valor monetario equivalente a lo requerido para una hectárea.
- d) Aporte de nutrientes: Corresponderá a los nutrientes que es capaz de proporcionar el producto.
- e) Origen: Corresponderá a su composición, si es de origen natural o químico.

6 RESULTADOS

6.1 RESULTADOS DEL OBJETIVO 1

6.1.1 Etapa de germinación

6.1.1.1 Maitén Placa Petri

Dado que, al inicio de la aplicación del bioinoculante en base a Cianobacterias en la etapa de germinación, sólo se contaba con disponibilidad de semillas de Maitén, el día 11 de mayo de 2023, se inoculó con la concentración de cianobacteria estipulada para cada tratamiento (T0, T1 y T2), construyendo así, una tabla resumen (anexos) de cada tratamiento que contiene los valores con los que se construyeron las gráficas a continuación.

La gráfica de capacidad germinativa evidencia la cantidad de semillas germinadas por día de muestreo, en este caso para Maitén en T0, destacando que la germinación decayó el día 12 de muestreo y, si bien existieron germinaciones en los días posteriores estas no fueron significativas con respecto a las anteriores.

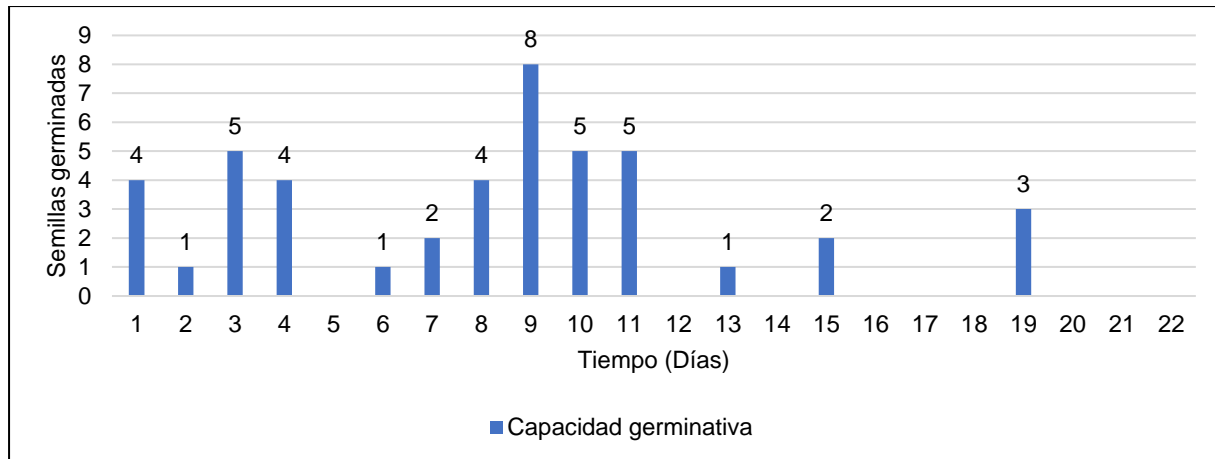


Figura 6.1: Capacidad germinativa de Maitén en placa petri en T0.

Ahora, se presenta la gráfica de capacidad germinativa correspondiente a T1 en Maitén, siendo la última germinación el día 10, con las últimas 6 semillas germinadas y posterior a ellos ya no se evidenció ninguna otra germinación.

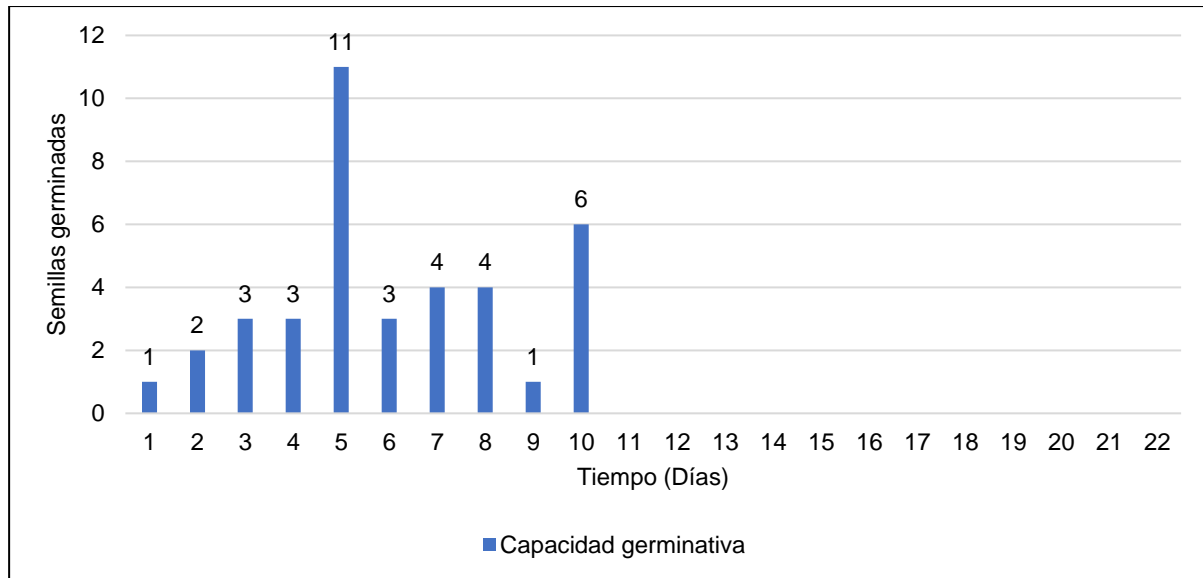


Figura 6.2: Capacidad germinativa para Maitén en placa petri en T1.

En lo que concierne a T2 en Maitén, esta fue relativamente constante hasta el día 11, para luego decaer y tener algunas germinaciones los días posteriores, sin tener altas concentraciones de las mismas.

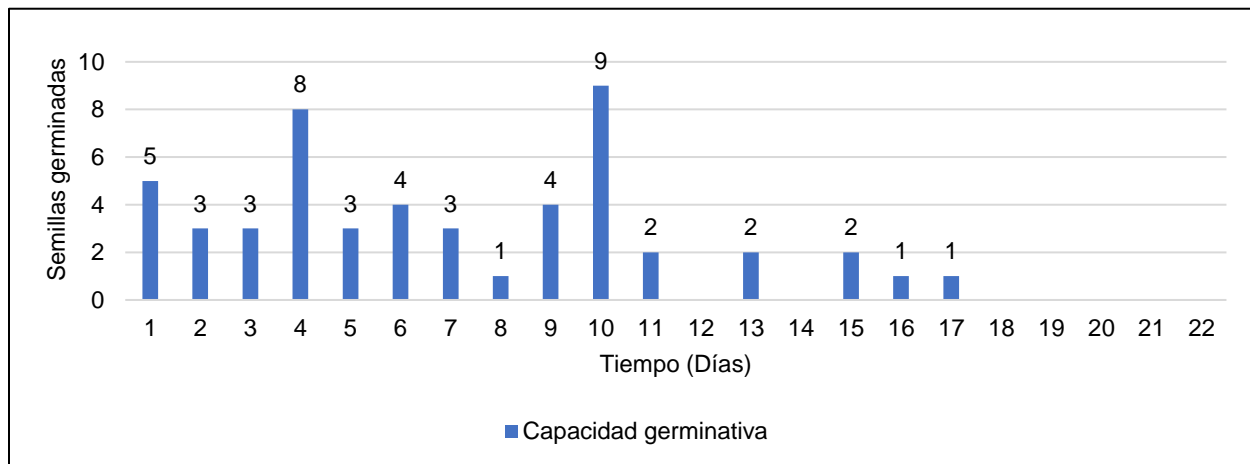


Figura 6.3: Capacidad germinativa en Maitén en placa petri en T2.

Además, en la **Figura 6.4** se presenta la gráfica correspondiente a la relación entre la velocidad de germinación y el porcentaje de germinación acumulado para así demostrar que están relacionadas en cada uno de los tratamientos, entregando de esta forma, que para el caso de Maitén es el tratamiento 1 (T1) el que tiene mejores efectos sobre la germinación del mismo, lo que condice con la germinación porcentual.

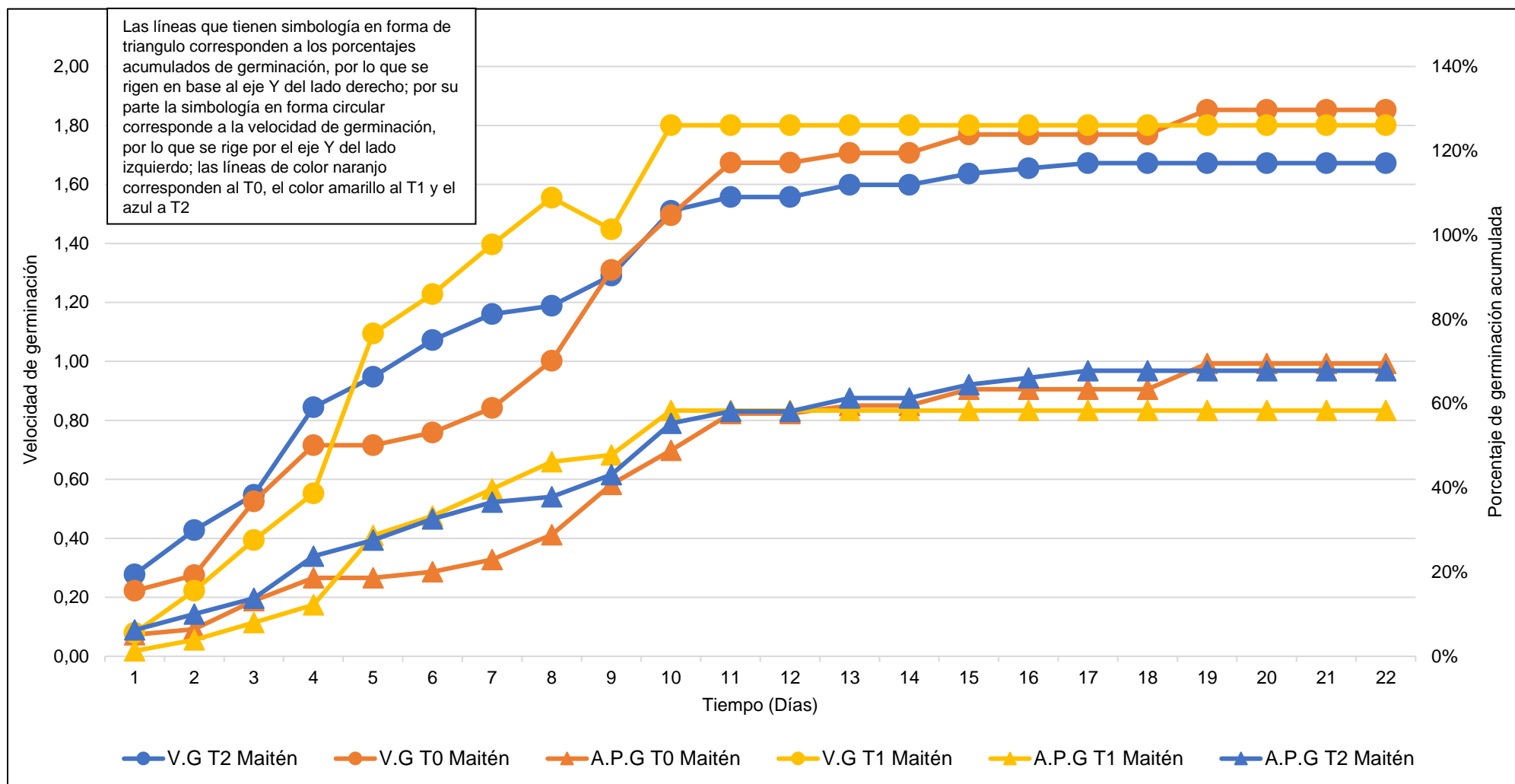


Figura 6.4: Relación de velocidad de germinación/Porcentaje de germinación acumulada para Maitén en placa petri.

También se presenta el gráfico referente al promedio diario de crecimiento radicular en T0, T1 y T2 para Maitén, el cual fue construido a partir del promedio por día de cada uno de los crecimientos de radícula que ocurrieron a lo largo del estudio, demostrando que día tras día las radículas van en constante crecimiento.

Por un lado, T0 presentó un aumento hasta el día 19, llegando a un promedio de 25,26 (mm), para luego decrecer, esto debido a la mortalidad que comenzaron a presentar las placas para este tratamiento, tomando en cuenta que estos valores corresponden a un promedio diario de las 16 placas que se medían en el registro, para terminar el día 22 con un promedio de 29,87 (mm) en el crecimiento de radículas.

Luego, en T1, el crecimiento es constante hasta el día 12, en donde este crecimiento, si bien existe, tiene ciertas fluctuaciones hasta el día 22, logrando un promedio de crecimiento radicular de 16,91 (mm).

T2 muestra un crecimiento de radícula sostenido hasta el día 22. Lo que nos lleva a pensar que desde un punto de vista del crecimiento radicular en un ensayo en placas Petri, T2 sería el más adecuado para potenciar el crecimiento, no así la germinación, desde ese punto de revisión sería el T1, como se mencionó anteriormente.

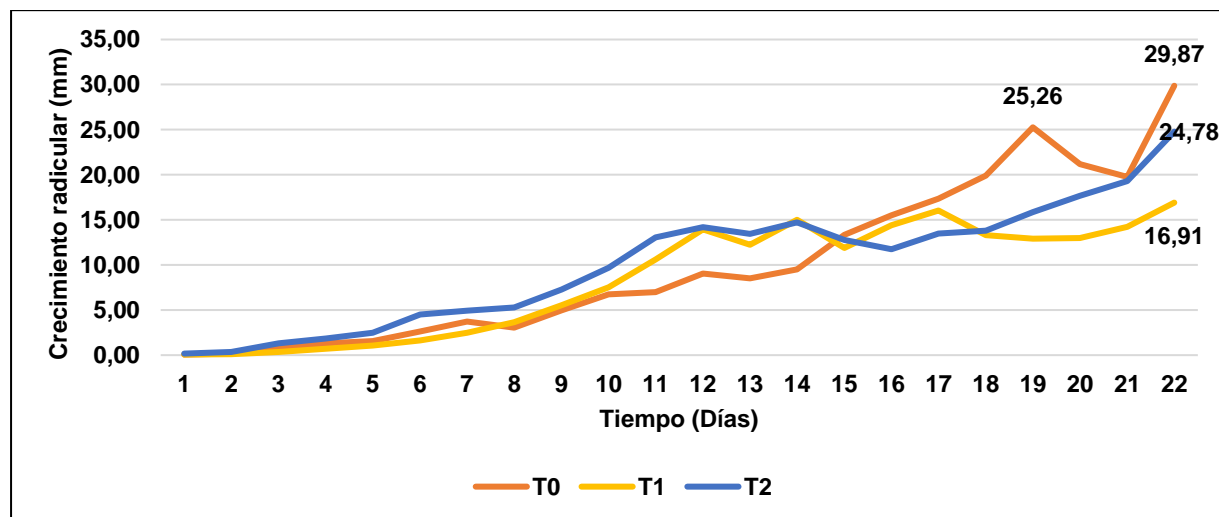


Figura 6.5: Promedio Diario de Crecimiento Radicular Maitén en placa petri.

6.1.1.2 Molle en Placa Petri

Para el caso de las semillas de Molle que fueron dispuestas en las placas Petri el día 6 de junio de 2023, seis días después, el día 12 de junio de 2023, se comienza con el registro en la planilla, tal como se estipuló en la Tabla 5.3, apuntando en ella cualquier cambio ocurrido de todas las evidencias presentadas (estado de la semilla, crecimiento de radícula, presencia de cotiledón, observación de hongos y/o semillas muertas), para con ello realizar la tabla resumen disponible en anexos y así construir las gráficas de capacidad germinativa, promedio de

crecimiento radicular y velocidad de germinación/acumulado porcentaje de germinación referente a semillas de Molle en T0.

A continuación, la gráfica de capacidad germinativa para Molle en placa petri, la cual evidencia la cantidad de semillas germinadas por día de muestreo, en este caso de T0, destacando que la germinación tuvo su más alto valor el día 4, con 6 semillas germinadas.

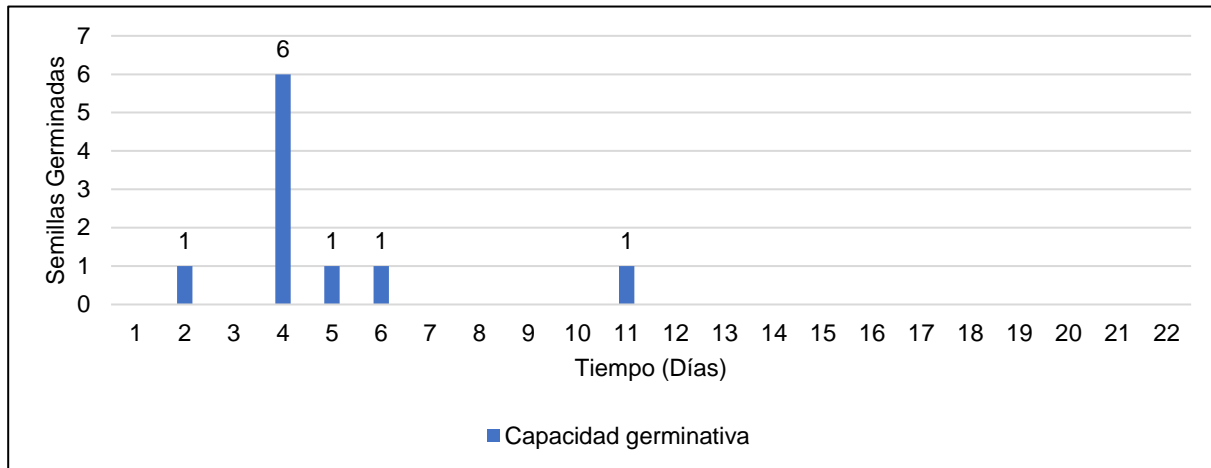


Figura 6.6: Capacidad Germinativa para Molle en T0 en placa petri.

La gráfica de capacidad germinativa correspondiente a T1 en Molle, demostró una germinación inicial continua, al menos hasta el día 4 de mediciones, la cual, posterior a este día no registra nuevas germinaciones.

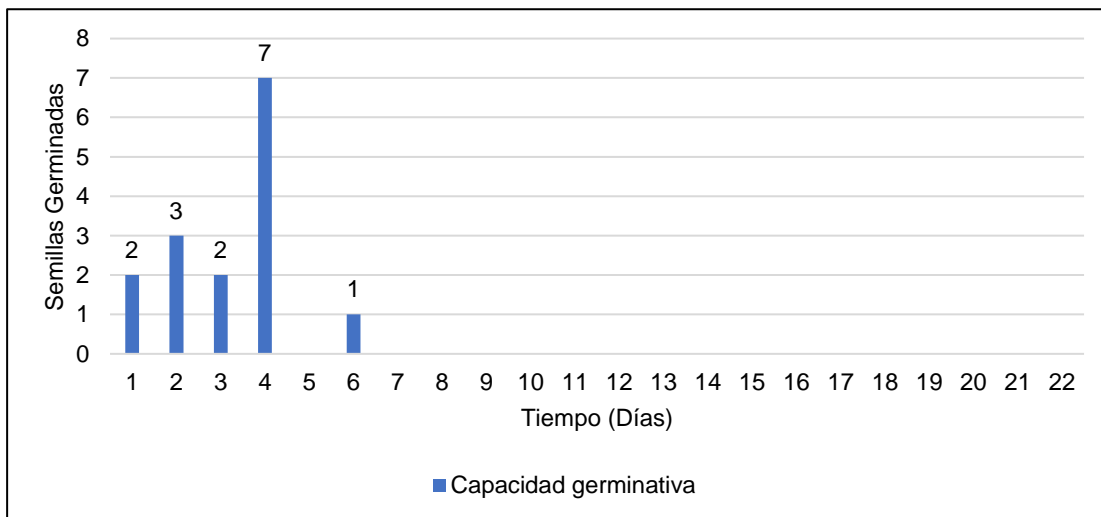


Figura 6.7: Gráfico Capacidad Germinativa para Molle en T1 en placa petri.

En lo que concierne a T2 en Molle, esta fue relativamente constante hasta el día 6, para luego decaer y tener algunas germinaciones los días posteriores, sin tener altas concentraciones de las mismas.

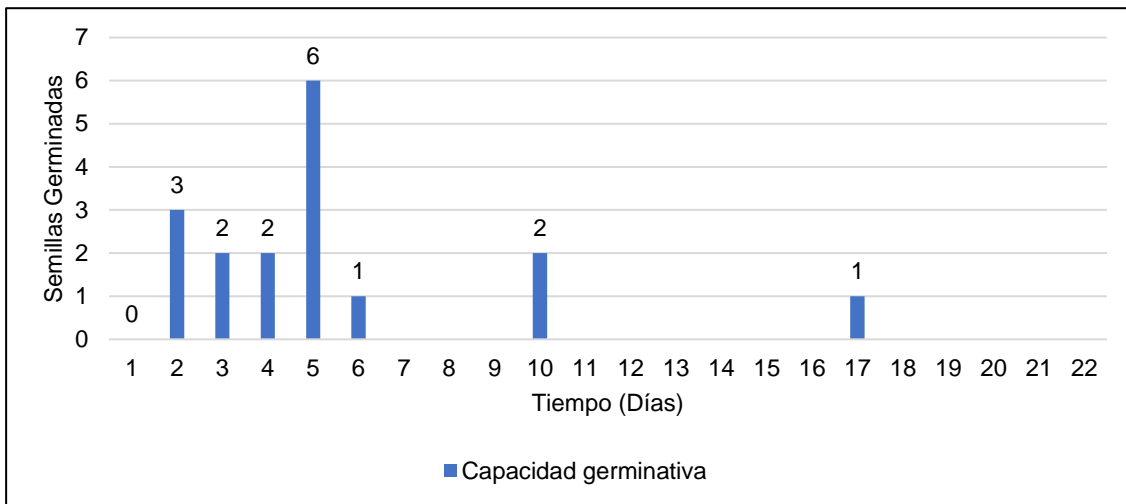


Figura 6.8: Gráfico Capacidad Germinativa para Molle en T2 en placa petri.

Además, en la **Figura 6.9** se presenta la gráfica correspondiente a la relación entre la velocidad de germinación y el porcentaje de germinación acumulado para así demostrar que están relacionadas en cada uno de los tratamientos, entregando de esta forma, que para el caso de Molle es el tratamiento 1 (T1) el que tiene mejores efectos sobre la velocidad de germinación de este, lo que condice con la germinación porcentual, aunque esta última es bastante constante y pequeña en comparación a Maitén.

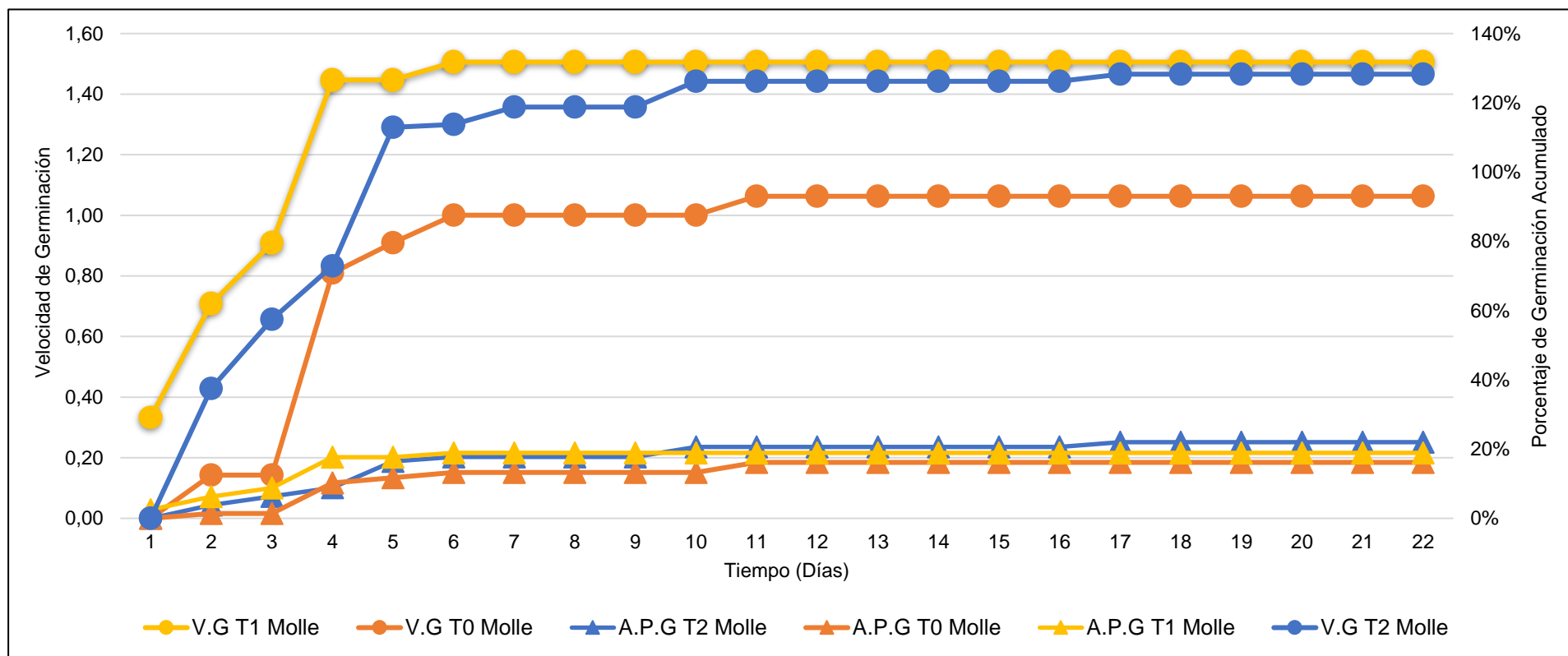


Figura 6.9: Relación de velocidad de germinación/Porcentaje de germinación acumulado para Molle en placa petri.

También, se presenta el gráfico referente al promedio diario de crecimiento radicular en T0, T1 y T2 para Molle, el cual fue construido a partir del promedio por día de cada uno de los crecimientos de radícula que ocurrieron a lo largo del estudio, demostrando que día tras día las radículas van en constante crecimiento, hasta un punto de decaimiento en este crecimiento para los tres tratamientos.

Por un lado, T0 presentó un aumento hasta el día 10, llegando a un promedio de 5,08 (mm), muy por debajo de los datos más altos registrados para Maitén, para luego decrecer sustancialmente, esto debido a la mortalidad y a la afectación por hongos que comenzaron a presentar las placas para este tratamiento, tomando en cuenta que estos valores corresponden a un promedio diario de las 16 placas que se medían en el registro.

Luego, en T1, el crecimiento es constante hasta el día 12, con el mayor crecimiento registrado entre los tres tratamientos, con 12,2 (mm) de crecimiento promedio. Luego, este decae hasta el día 15 para volver a generar crecimientos más altos, pero nunca tanto como para sobrepasar el peak registrado el día 12.

T2 muestra un crecimiento de radícula sostenido, pero sustancialmente menor en comparación a sus tratamientos comparativos, esto hasta el día 13, logrando el máximo crecimiento con un valor de 4,01 (mm), para luego decaer y mantener un crecimiento sostenido hasta el último día de registro de datos.

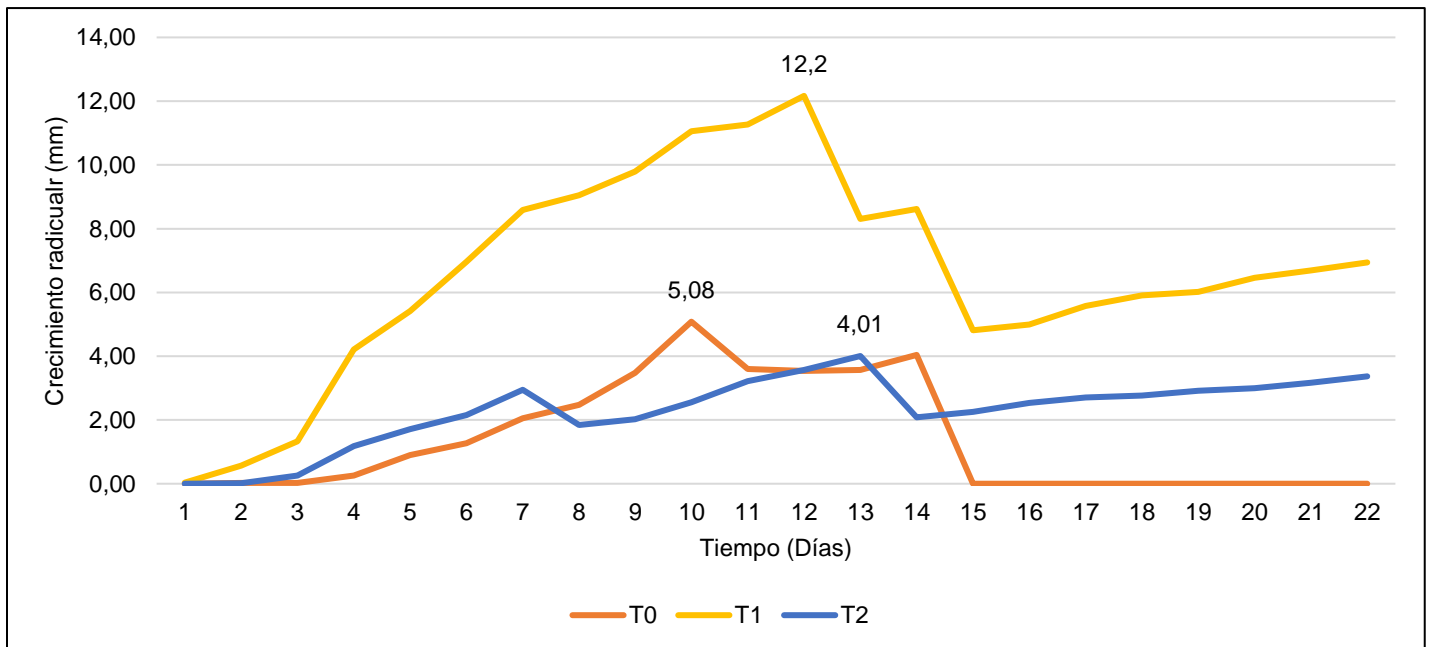


Figura 6.10: Promedio de crecimiento radicular en Molle en placa petri.

6.1.1.3 *Maitén en Almacigueras*

La aplicación del bioinoculante en base a cianobacterias en la etapa de germinación en almacigueras comenzó el día 1 de julio de 2023, para luego de 30 días evidenciar la primera germinación, por lo que se comenzó con el registro en la planilla Excel, tal como se estipuló en la **Tabla 5.1**, apuntando en ella cualquier cambio ocurrido (estado de la semilla, crecimiento de tallos, presencia de cotiledón, observación de hongos y/o semillas muertas).

Posterior a ello, se procedió a construir la siguiente tabla, la cual, sirvió de resumen para obtener los datos requeridos en la construcción de gráficas de capacidad germinativa, promedio de crecimiento de tallos y velocidad de germinación/acumulado porcentaje de germinación referente a semillas de Maitén en T0, T1 y T2.

Además, en la **Figura 6.11** se presenta la gráfica correspondiente a la relación entre la velocidad de germinación y el porcentaje de germinación acumulado para el ensayo realizado en almacigueras, esto demuestra que están relacionadas en cada uno de los tratamientos, entregando de esta forma, que para el caso de Maitén es el tratamiento 1 (T1) el que tiene mejores efectos sobre la germinación del mismo, lo que condice con la germinación porcentual, al igual como lo ocurrido con Maitén en Placas Petri, logrando tener las más altas velocidades en comparación con T2 y Control, además de presentar mayores porcentajes de germinación para todo el ensayo.

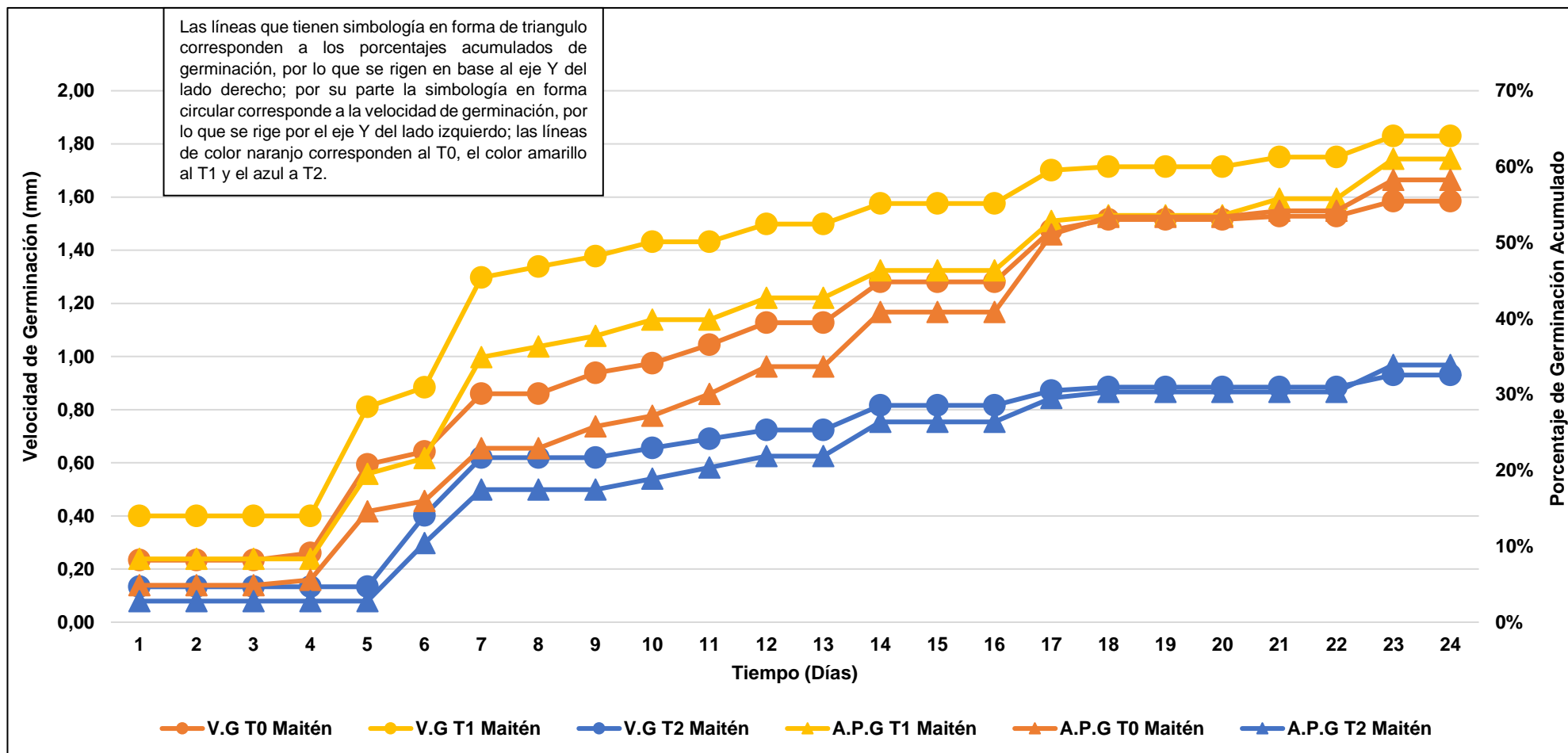


Figura 6.11: Relación de velocidad de germinación/Porcentaje de germinación acumulado para Maitén en almacigueras.

Se presenta también el gráfico referente al promedio diario de crecimiento radicular en T0, T1 y T2 para Maitén en Almacigueras, el cual fue construido a partir del promedio por día de cada uno de los crecimientos de tallos aparentes que ocurrieron a lo largo del estudio, demostrando que día tras día los tallos logran un constante crecimiento.

Por un lado, T0 presentó un aumento constante hasta el día 23, llegando a un promedio de 2,95 (cm) en el crecimiento de los tallos, tomando en cuenta que estos valores corresponden a un promedio diario de los crecimientos para toda la muestra, conformada por 144 semillas.

Luego, en T1, también mostró un crecimiento constante y bastante alejado de T2 e incluso mayor que T0, con un promedio final de crecimiento en 3,11 (cm).

T2, por su parte mostró un crecimiento de tallos sostenido, pero muy por debajo del control y el Tratamiento 1, logrando su crecimiento más alto el día 23 con 0,94 (cm).

De esta forma podríamos decir que para Maitén germinada en almaciguera el tratamiento que tuvo un mejor efecto sobre la germinación, velocidad de germinación y crecimiento de tallos es el Tratamiento 1 (T1).

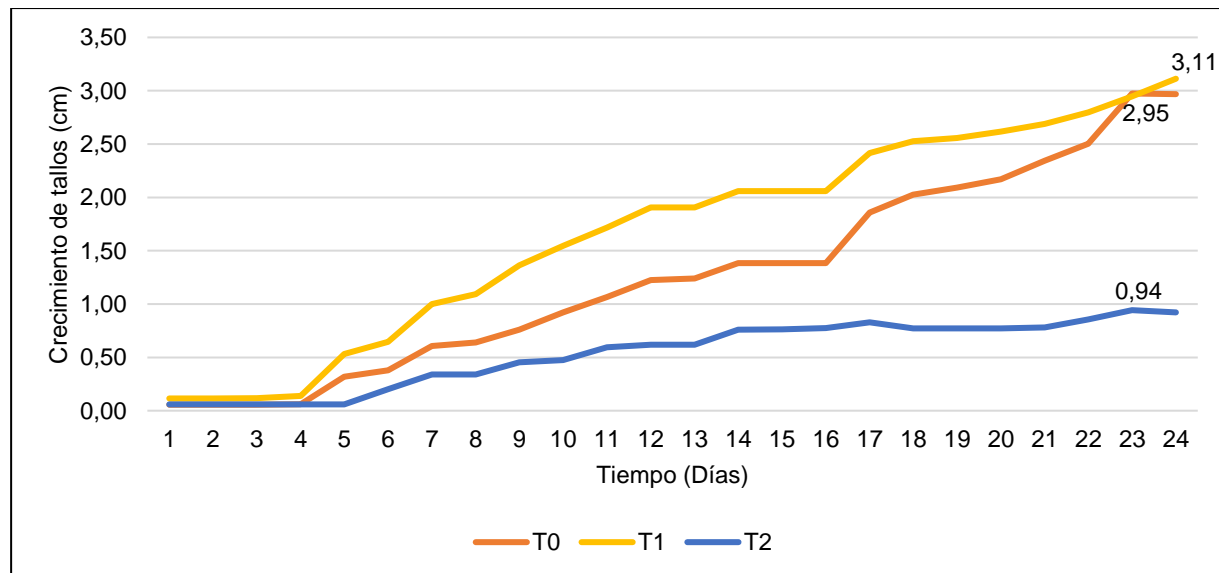


Figura 6.12: Promedio diario de crecimiento de tallos en Maitén en almacigueras.

Por otro lado, se reordenaron los resultados de capacidad germinativa para cada uno de los tratamientos a los que fueron sometidas las semillas de Maitén en las almacigueras, esto con el fin de tratar estadísticamente los datos en el software Stata, en donde a través de la prueba de Shapiro-Wilk se determinó que no se cumple con el supuesto de normalidad de los datos, ya que todos los tratamientos obtuvieron un valor $p < 0,05$, de este modo determinando que no existen diferencias significativas entre sí, tal como se muestra en el siguiente gráfico de cajas, más allá de la prueba visual de que T0 y T1 podrían tener cierta similitud a diferencia de T2.

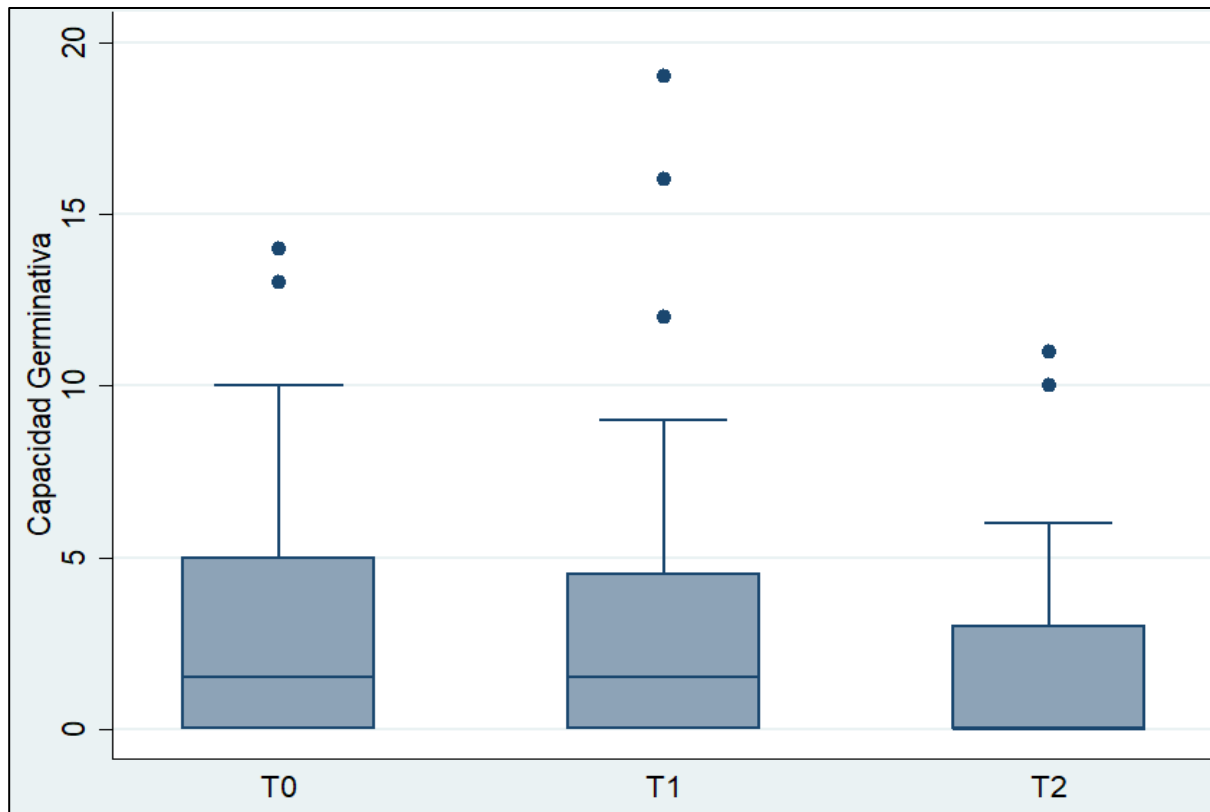


Figura 6.13: Análisis de Varianza para capacidad germinativa de Maitén en ensayo de Almaciguera.

6.1.1.4 Molle en Almacigueras

Para el caso de las semillas de Molle, que fueron dispuestas en las almacigueras el día 1 de julio de 2023, transcurridos 30 días ocurrieron las primeras apariciones de tallos sobre tierra, por lo cual se comienza con el registro en la planilla, tal como se estipuló en la **Tabla 5.1**, apuntando en ella cualquier cambio ocurrido de todas las evidencias presentadas (estado de la semilla, crecimiento de tallos, presencia de cotiledón, observación de hongos y/o semillas muertas).

Posterior a ello, se procedió a construir la siguiente tabla resumen, con la cual se construyeron las gráficas.

En la **Figura 6.14** se presenta la gráfica correspondiente a la relación entre la velocidad de germinación y el porcentaje de germinación acumulado para así demostrar que están relacionadas en cada uno de los tratamientos, entregando de esta forma, que para el caso de Molle es el tratamiento 1 (T1) el que tiene mejores efectos sobre la velocidad de germinación de este, aunque en comparación a Maitén en almaciguera, en este caso T0 se encuentra por sobre T1 y T2, aun así T1 es el ensayo que muestra efectos más favorables.

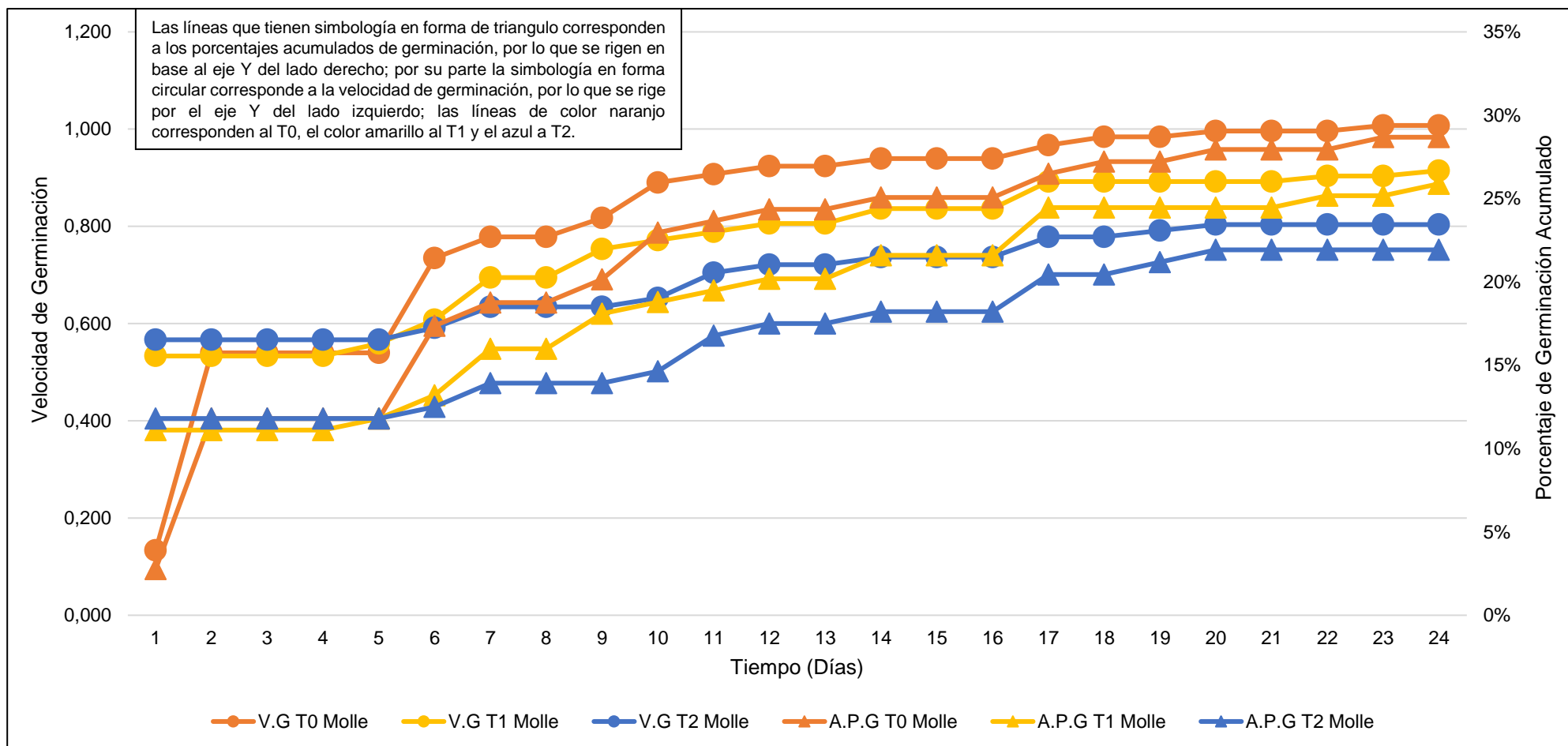


Figura 6.14: Relación de velocidad de germinación/Porcentaje de germinación acumulado para Molle en almacigueras.

Por último, se presenta el gráfico referente al promedio diario de crecimiento radicular en T0, T1 y T2 para Molle, el cual fue construido a partir del promedio por día de cada uno de los crecimientos de tallos que ocurrieron a lo largo del estudio, demostrando que día tras día estos van en constante crecimiento.

Por un lado, T0 presentó un aumento constante hasta el final de los muestreos, obteniendo un promedio mayor que las almacigueras inoculadas con cianobacterias.

Luego, en T1, el crecimiento es constante hasta el día 23, con el mayor crecimiento registrado entre los tratamientos con cianobacteria, con 1,55 (cm) de crecimiento promedio.

Por último, T2 muestra un crecimiento de sus tallos sostenido, pero levemente menor en comparación a T1, logrando el máximo crecimiento con un valor de 1,27 (cm).

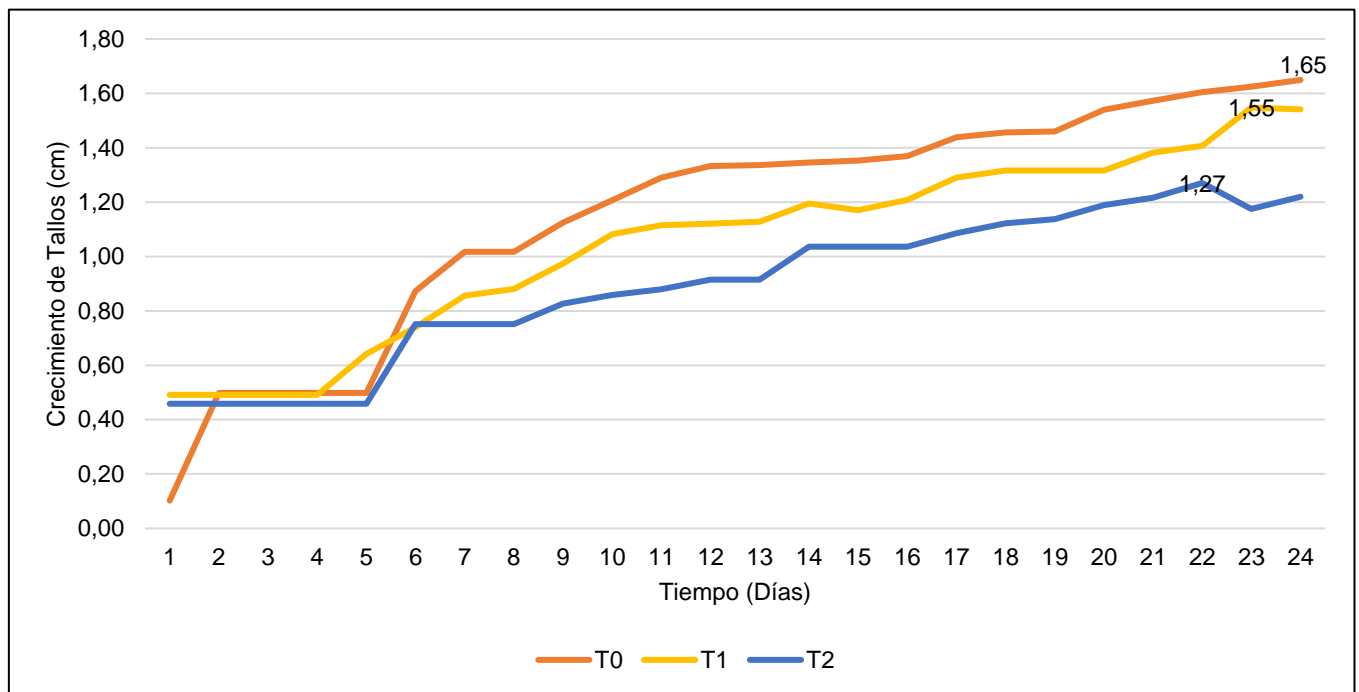


Figura 6.15: Promedio diario de crecimiento de tallos en Molle en almacigueras.

Para llevar a cabo el análisis estadístico de los datos de capacidad germinativa de todos los tratamientos aplicados a Molle en almaciguera, los datos fueron trabajados con una prueba de Shapiro-Wilk, lo cual indicó que los datos no provienen de una distribución normal, además se realizó un gráfico de caja para visualizar de esta manera que no existen diferencias significativas entre los tratamientos en almaciguera aplicados a semillas de Molle.

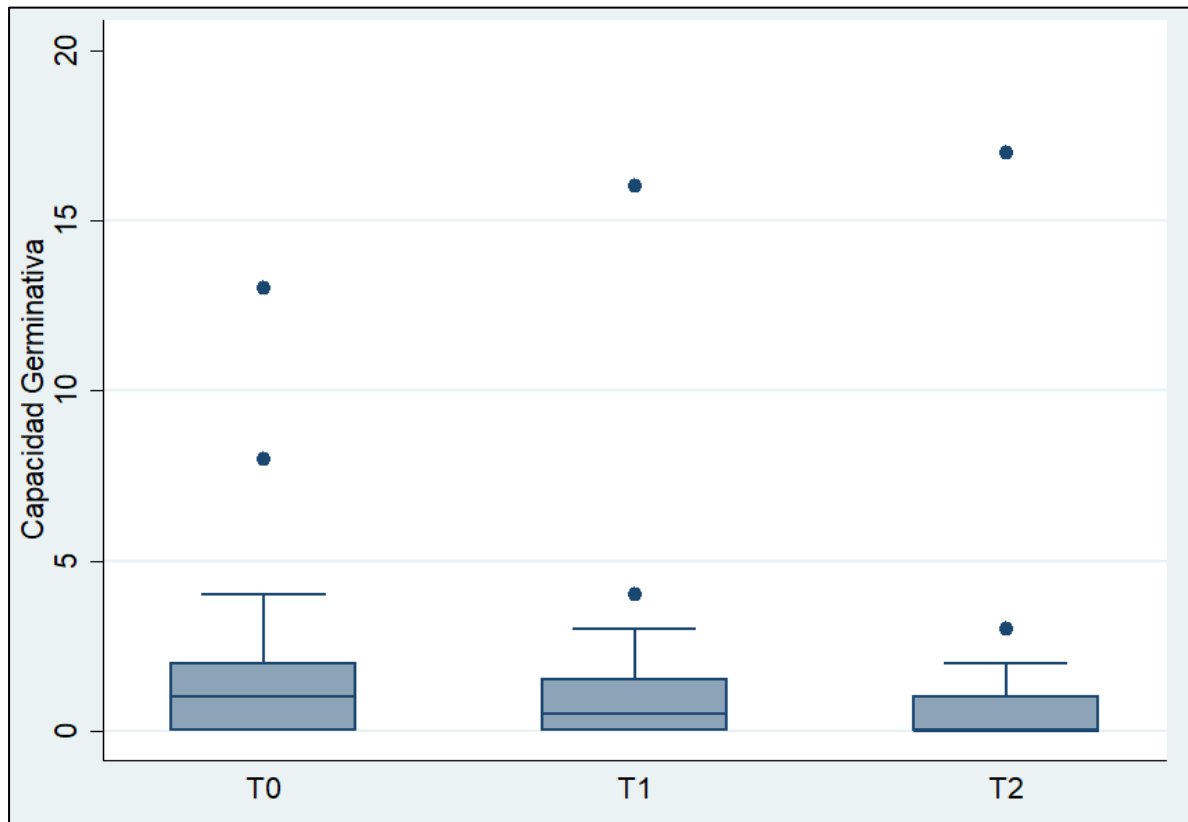


Figura 6.16: Resultados de Análisis de Varianza para capacidad germinativa de Molle en ensayo de Almaciguera.

6.1.2 Etapa de viverización

En lo que concierne a la etapa de viverización y tal como se definió en la metodología, se midió la variación de diámetro a la altura del cuello (DAC, grosor del tallo) y la altura de cada uno de los plantines por especie, tratamiento y estadio. Pero para el caso de las alturas relacionadas a estas mismas, fueron descartadas para el análisis estadístico, puesto que, se evidenciaron incongruencias en el registro del crecimiento de las plantas, lo cual generaba una base de datos ineficiente, lo que nos deja, para efectos de este trabajo, los datos de DAC disponibles para su análisis.

6.1.2.1 Repique Inicial Maitén

Se analizó el efecto de los tratamientos utilizados y días de aplicación en las respuestas DAC del repique inicial en Maitén, utilizando la división entre las diferencias entre los valores de los días 21 (17-05-23), 41 (06-06-23), 63 (28-06-23), 84 (19-07-23), 105 (09-08-23) y 129 (02-09-23) con los valores del día 0 (26-04-23) y el valor del día 0 $([v_i - v_0] / v_0)$ y dependientes de los sujetos.

Luego, el análisis estadístico determinado por la prueba de Shapiro-Wilk arroja que no se cumple el supuesto de normalidad de las variables en ningún tratamiento, lo que invalida el uso de ANOVA como método de análisis, pero se realizó un gráfico de cajas en donde se muestra que posiblemente existan diferencias entre tratamientos sobre todo en el día 129. El tratamiento T0 presenta valores atípicos en los días 41, 63, 84, 105 y 129, donde la mayoría de estos valores se concentran en el día 84. Se observa en el tratamiento T1 un incremento sostenido a lo largo de los días de aplicación. Lo mismo sucede con los tratamientos T2 y T3.

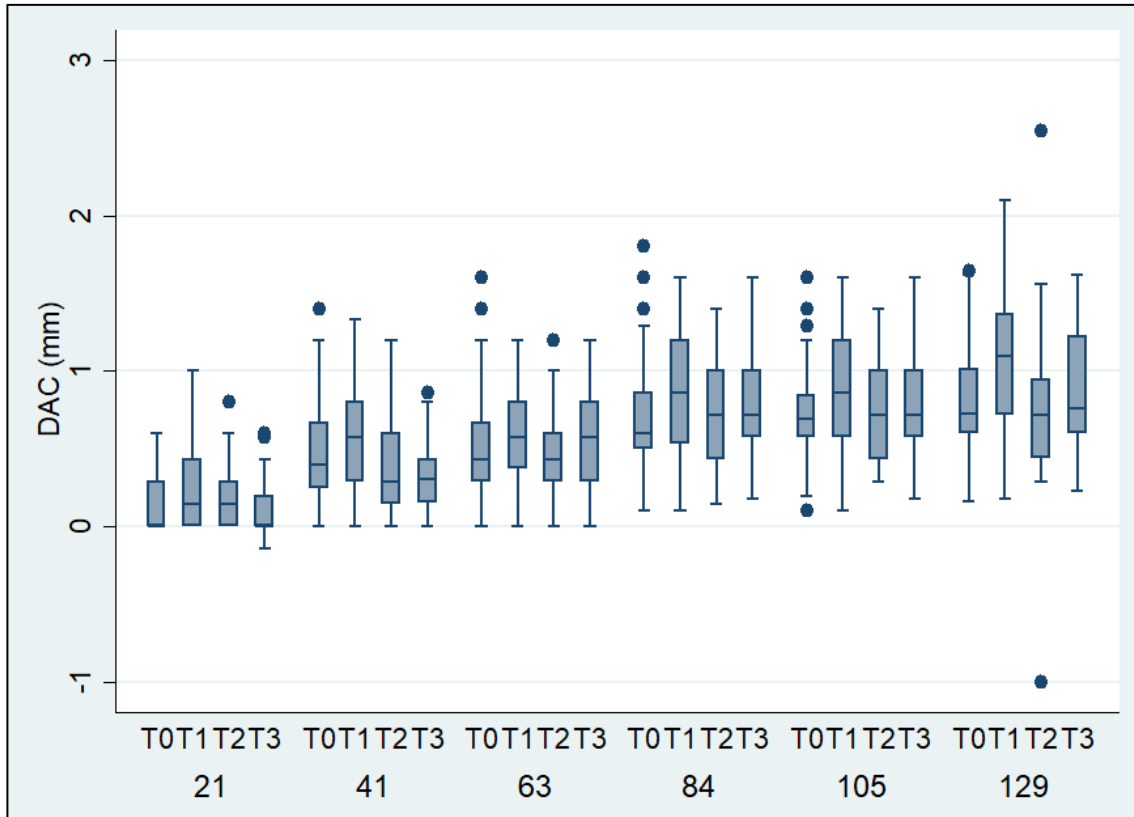


Figura 6.17: Grafico de caja ANOVA realizado a datos de repique inicial Maitén.

Para corroborar si existían diferencias significativas en el día 129, se realizó el test de las medianas por día, determinando así que existen evidencias para concluir que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,019 < 0,05$).

6.1.2.2 *Repique Tardío Maitén*

Se analizó el efecto de los tratamientos utilizados y días de aplicación en las respuestas DAC del repique tardío en Maitén, utilizando la división entre las diferencias entre los valores de los días 19 (01-03-23), 47 (29-03-23), 68 (19-04-23), 89 (10-05-23) y 109 (30-05-2023) con los valores del día 0 (10-02-23) y el valor del día 0 ($[v_i - v_0] / v_0$) y dependientes de los sujetos.

Al igual que para el caso anterior, se realizó una prueba de Shapiro-Wilk, con la cual se obtuvo como respuesta que no se cumple con el supuesto de normalidad en los datos para ningún tratamiento.

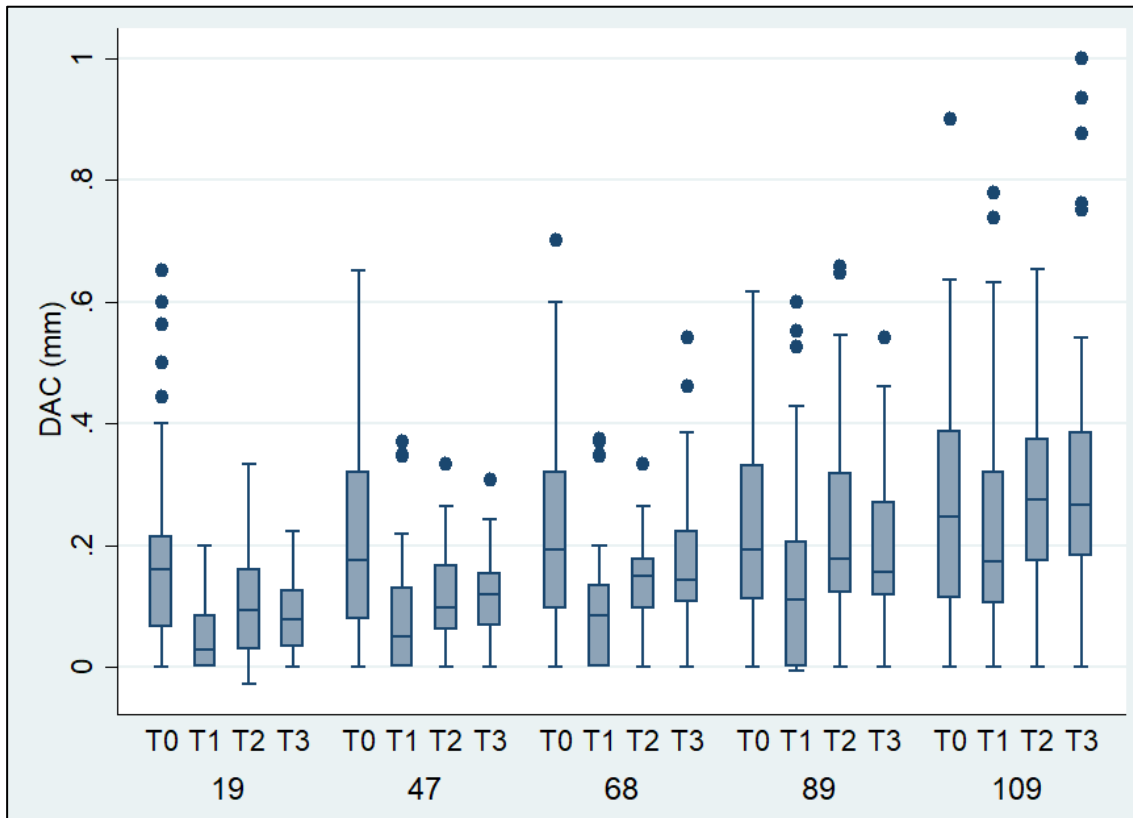


Figura 6.18: Grafico de caja ANOVA realizado a datos de repique tardío Maitén.

Este conjunto de datos presenta diferencias en las medias de los tratamientos en los días 19, 47, 68 y 89. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en los días 19 y 89. T0 se muestra como el de mayor variabilidad de datos hasta el día 68, posterior a ello ya no se puede determinar uno tratamiento por sobre otro.

6.1.2.3 Repique Inicial Molle

Se analizó el efecto del tratamiento utilizado y días de aplicación en las respuestas DAC del repique inicial en Molle, utilizando la división entre las diferencias entre los valores de los días 19 (29-03-23), 40 (19-04-23), 61 (10-05-23), 82 (31-05-23), 102 (20-06-23), 124 (12-07-23), 145 (02-08-23) y 165 (22-08-23) días con los valores del día 0 (10-03-23) y el valor del día 0 ($[v_i - v_0] / v_0$) y dependientes de los sujetos.

Luego, el análisis estadístico arrojó los siguientes resultados:

Para el caso de los repiques iniciales de Molle, se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre sus tratamientos y días con registro de datos, por lo que se procedió a realizar una prueba de ANOVA y Tukey para cada uno de los días de muestreo.

Es así que para el día 19, se determinó que el P-Valor $<0,05$; por lo que se puede decir que existen diferencias significativas entre los tratamientos. La prueba de Tukey arrojó que entre T0, T1 y T3 no hay diferencias significativas, al igual que para T1 y T2, pero si existe dicha diferencia entre T0 y T3 con T1.

Para el día 40, se determinó que el P-Valor $<0,05$; por lo que se puede decir que existen diferencias significativas entre los tratamientos, tal como se muestra a continuación. La prueba de Tukey arrojó que entre T0, T1 y T3 no hay diferencias significativas, al igual que para T2 y T3, pero si existe dicha diferencia entre T0 y T1 con T2.

Ahora bien, en el caso del día 61, la prueba de Tukey arrojó que entre T0, T1 y T3 no hay diferencias significativas, al igual que para T1 y T2, así como tampoco lo hay entre T1, T2 y T3, pero si existe dicha diferencia entre T0 y T2.

En el día 82, la prueba de Tukey arrojó que entre T0, T1 y T3 no hay diferencias significativas, pero si existe dicha diferencia entre estos últimos tres tratamientos y el T2.

Con el día 102, la prueba de Tukey arrojó que entre T0 y T1 no hay diferencias significativas, al igual que para T0 y T3, pero si existe dicha diferencia entre T1 y T3; siendo T2 el tratamiento con más diferencias entre los registrados.

En el día 124, la prueba de Tukey arrojó que entre T0 y T1 no hay diferencias significativas, al igual que para T0 y T3, pero si existe dicha diferencia entre T1 y T3; siendo T2 el tratamiento con más diferencias entre los registrados.

En el caso del día 145, la prueba de Tukey arrojó que entre T0 y T1 no hay diferencias significativas, al igual que para T0 y T3, pero si existe dicha diferencia entre T1 y T3; siendo T2 el tratamiento con más diferencias entre los registrados.

Por último, en el día 165, la prueba de Tukey arrojó que entre T0 y T1 no hay diferencias significativas, al igual que para T0 y T3, pero si existe dicha diferencia entre T1 y T3; siendo T2 el tratamiento con más diferencias entre los registrados.

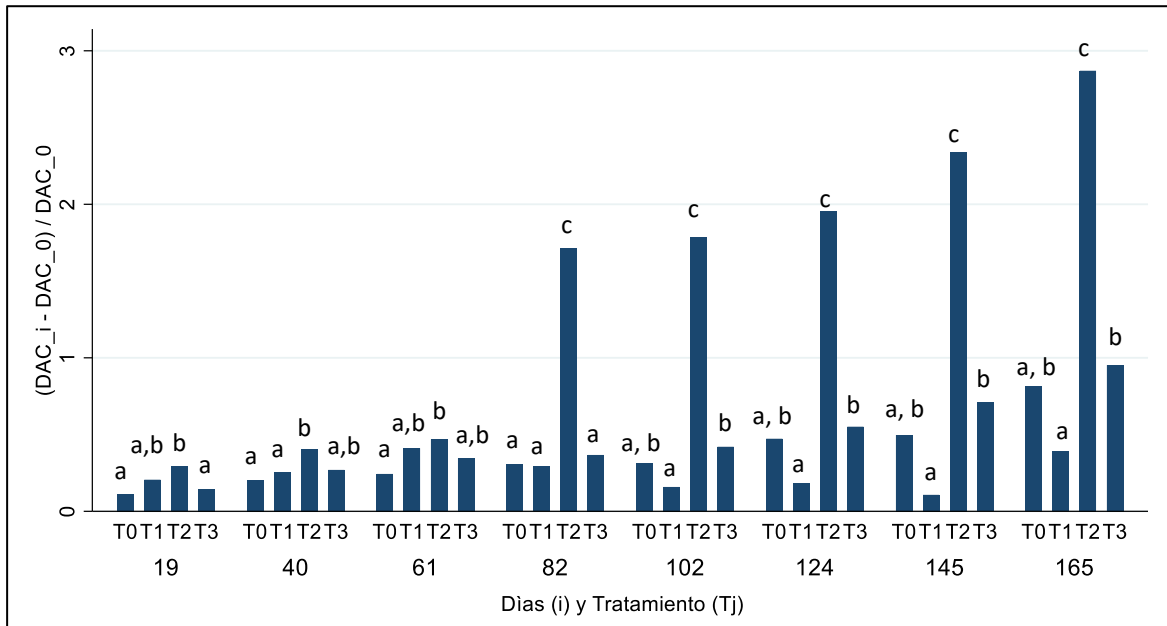


Figura 6.19: Gráfica Resumen de Análisis Estadístico para Repiques Iniciales de Molle.

Es así que, desde esta gráfica se puede decir que el DAC de los repiques iniciales de Molle se ven potenciados en su crecimiento siendo inoculados con la concentración de 8 (g/m²) correspondiente al T2.

6.1.2.4 Repique Tardío Molle

Se analizó el efecto del tratamiento utilizado y días de aplicación en las respuestas DAC del repique tardío en Molle, utilizando la división entre las diferencias entre los valores de los días 19 (01-03-23), 47 (29-03-23), 68 (19-04-23), 89 (10-05-23), 109 (30-05-23) y 129 con los valores del día 0 (10-02-23) y el valor del día 0 $([v_i - v_0] / v_0)$ y dependientes de los sujetos.

Para el caso de los repiques tardíos de Molle, se evidencian diferencias estadísticamente significativas entre sus tratamientos y días con registro de datos, por lo que se procede a realizar una prueba de Tukey, para determinar las diferencias entre cada tratamiento, lo cual se presenta a continuación:

Para el día 19, la prueba de Tukey arrojó que entre T0, T1 y T3 no hay diferencias significativas, al igual que para T0, T2 y T3, pero si existe dicha diferencia entre T1 y T2.

En el caso del día 47, la prueba de Tukey arrojó que entre T0, T1 y T3 no hay diferencias significativas, al igual que para T2 y T3, pero si existe dicha diferencia entre T0 y T1 con T2.

Ahora bien, en el caso del día 68, la prueba de Tukey arrojó que entre T0, T1 y T3 no hay diferencias significativas, al igual que para T2 y T3, pero si existe dicha diferencia entre T0 y T1 con T2.

En esta misma línea, en el día 89, la prueba de Tukey arrojó que entre T0, T1 y T3 no hay diferencias significativas, al igual que para T2 y T3, pero si existe dicha diferencia entre T0 y T1 con T2.

En el caso del día 109, la prueba de Tukey arrojó que entre T0 y T1 no hay diferencias significativas, al igual que para T0 y T3, así también, T2 y T3. Caso contrario a lo que ocurre con T0 y T1 en comparación a T3, tratamientos en los cuales, si existe dicha diferencia.

Finalmente, para el caso del día 129, la prueba de Tukey arrojó que entre T0 y T1 no hay diferencias significativas, al igual que para T0, T2 y T3, pero si existe dicha diferencia entre T1 en comparativa a T2 y T3.

A modo de resumen, se muestra la **Figura 6.20** la cual representa las diferencias estadísticas entre cada tratamiento y día analizado para los repiques tardíos de Molle.

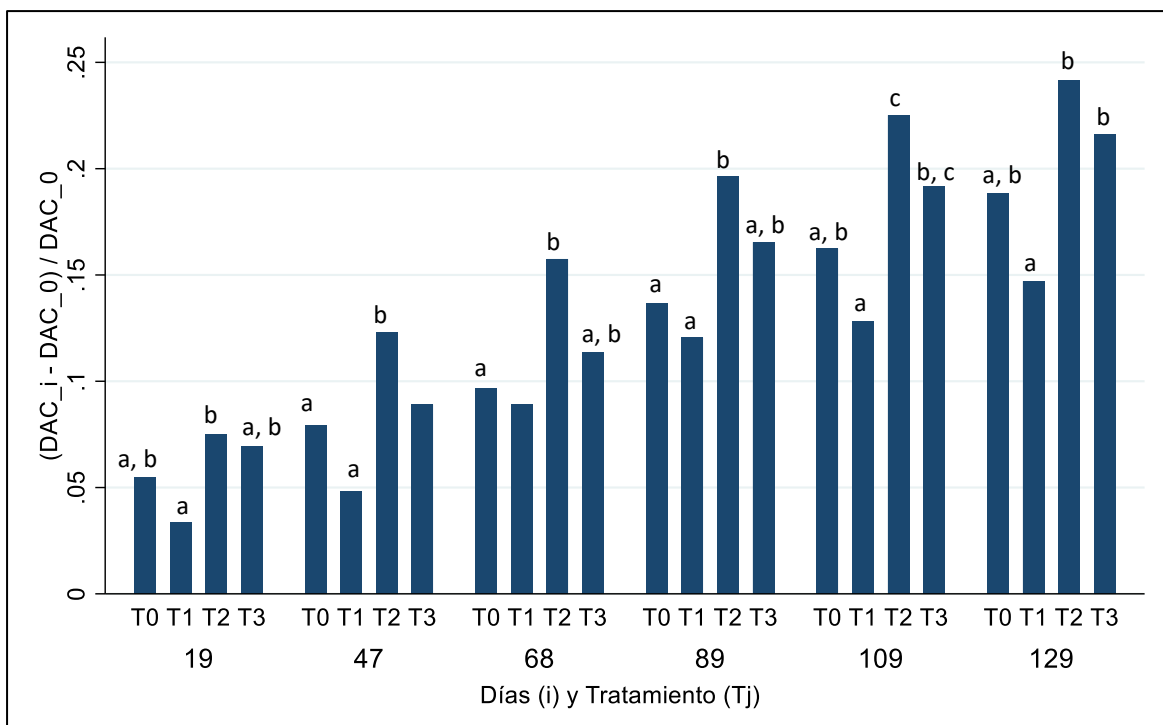


Figura 6.20: Gráfica Resumen de Diferencias Estadísticas entre los Tratamientos y días para Repiques Tardíos en Molle.

Finalmente, desde esta gráfica se puede decir que el DAC de los repiques tardíos de Molle se ven altamente potenciados al ser inoculados con la concentración de 8 (g/m²) correspondiente al T2.

6.2. RESULTADOS DEL OBJETIVO 2

6.2.1. Etapa en suelos

Tal como se estipuló en la metodología, las muestras iniciales de suelo fueron recolectadas y enviadas al laboratorio para su análisis, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 6.1: Resultados de Análisis a Muestra 0.

| Rótulo de Muestra | Ph | Conductividad eléctrica (ds/m) | MO (%) | Clase Textural | Arena (%) | Arcilla (%) | Limo (%) | Capacidad de Campo (% p/p) |
|-------------------|------|--------------------------------|--------|----------------|-----------|-------------|----------|----------------------------|
| Muestra 0 | 5,81 | 0,42 | 4,64 | Franca | 49 | 18 | 33 | 64,7 |

Desde este primer análisis es que se justifica este sitio para el ensayo de aplicación de bioinoculante en base a cianobacterias en suelos, ya que cuenta, basado en la **Tabla 5.4: Parámetros de caracterización de suelos**. (Adaptada de McKean, 1998; Bernier y Undurraga, 2022), con un bajo % de Materia Orgánica, índice que se estipuló como determinante a la hora de elegir el sitio de restauración en suelos degradados por incendios forestales, cabe mencionar también que este terreno es parte de una sección quemada que fue entregada por CONAF en la Reserva Nacional Lago Peñuelas para su análisis y trabajo.

Días después, fueron construidos los bancales para su posterior ubicación en la zona, tal como se muestra en las siguientes figuras.



Figura 6.21: Bancales para etapa en suelos.

Así, 30 días después de ubicados los bancales en septiembre, se tomaron las primeras muestras a los tratamientos y al control correspondiente, siguiendo con las mediciones de octubre y noviembre. A continuación, se presentan los gráficos correspondientes a los parámetros nutrientes cuantificados.

Comenzando con el pH, el cual presenta un valor relativamente neutro en todas las mediciones realizadas presentadas a continuación en la **Figura 6.22**, aunque, es verdad que existen ciertas fluctuaciones, no son valores tan alejados unos de otros, lo que podría evidenciar desde este punto de vista que el bioinoculante no tiene efectos negativos ni positivos sobre el pH en el suelo.

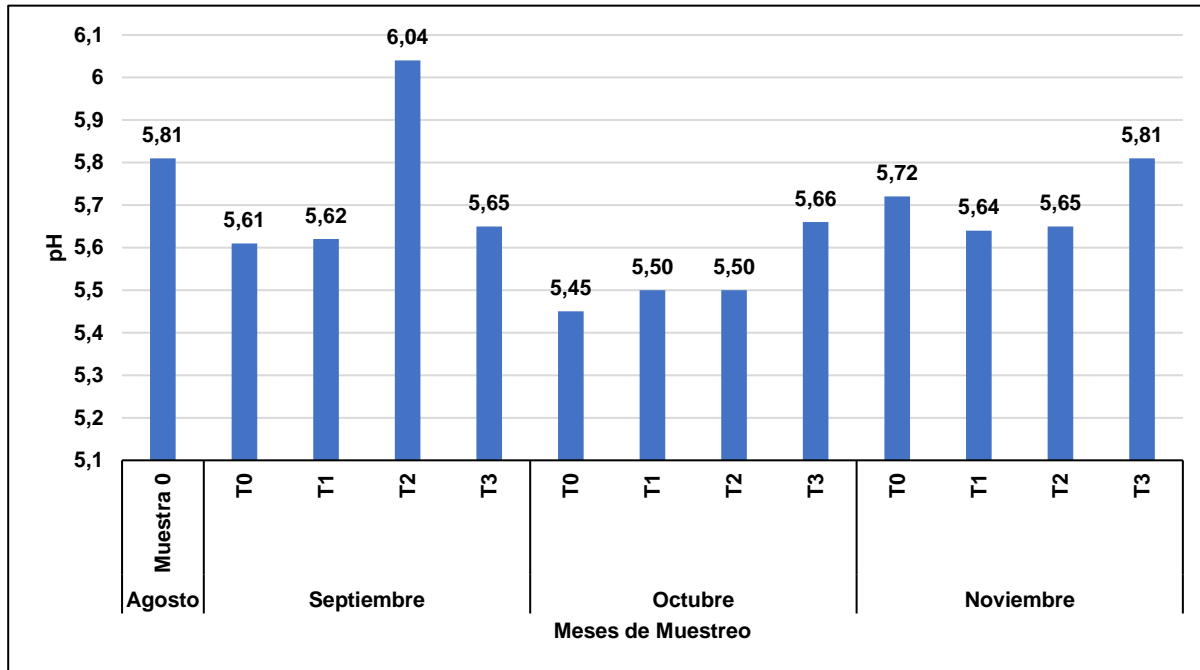


Figura 6.22: Gráfica de pH en Muestras de Suelo.

Siguiendo con la cantidad de nitrógeno disponible, esta se encontraba con valores estipulados como bajos, según la metodología antes mencionada para la muestra 0, que corresponde al suelo antes de cualquier tipo de inoculación. Distinto es el caso del mes de septiembre, en donde T0 y T1 se encuentran sobre 20 (mg/kg) lo que se puede definir como valores óptimos para ambos casos, no así para T2 y T3 que se encuentran por debajo de este valor por lo que se encasillan en valores bajos.

Ahora, para las mediciones realizadas en octubre, el nitrógeno disponible está muy por debajo del rango óptimo y para noviembre, los valores tienden al aumento, pero no lo suficiente para salir de la calificación de baja.

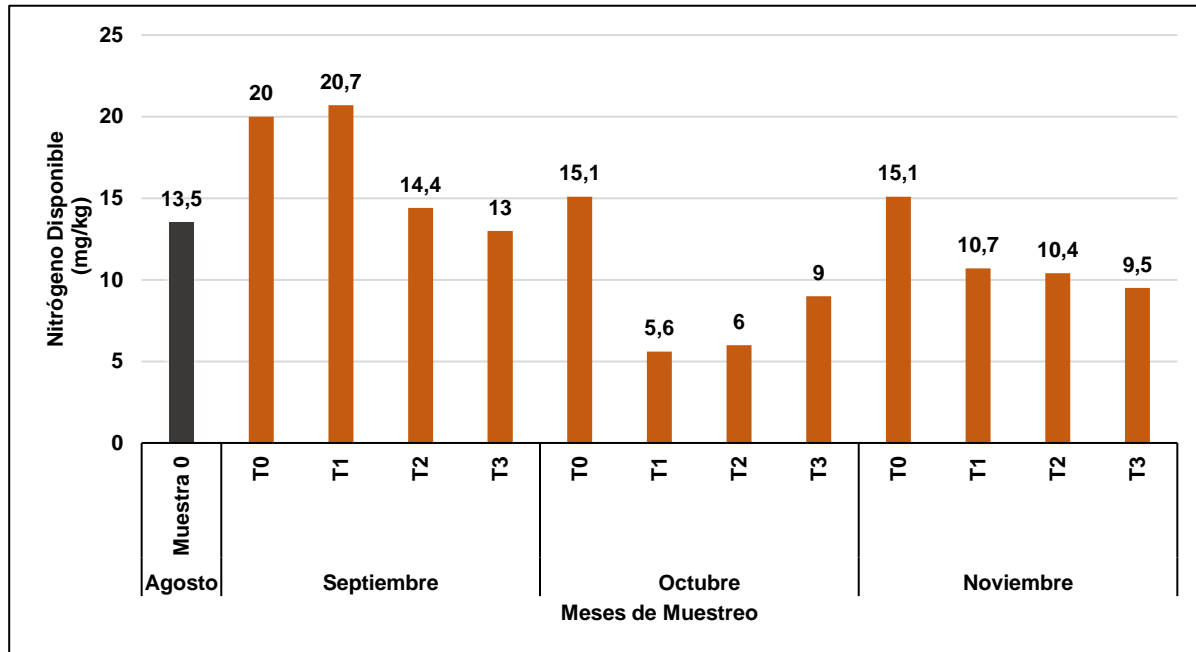


Figura 6.23: Gráfica de Nitrógeno Disponible en Muestras de Suelo.

La materia orgánica comienza las mediciones en un valor considerado bajo, aunque en el límite, no así para las mediciones en los meses siguientes, las cuales están todas por debajo de 5%, obteniendo los valores más bajos en todos los tratamientos el mes de noviembre.

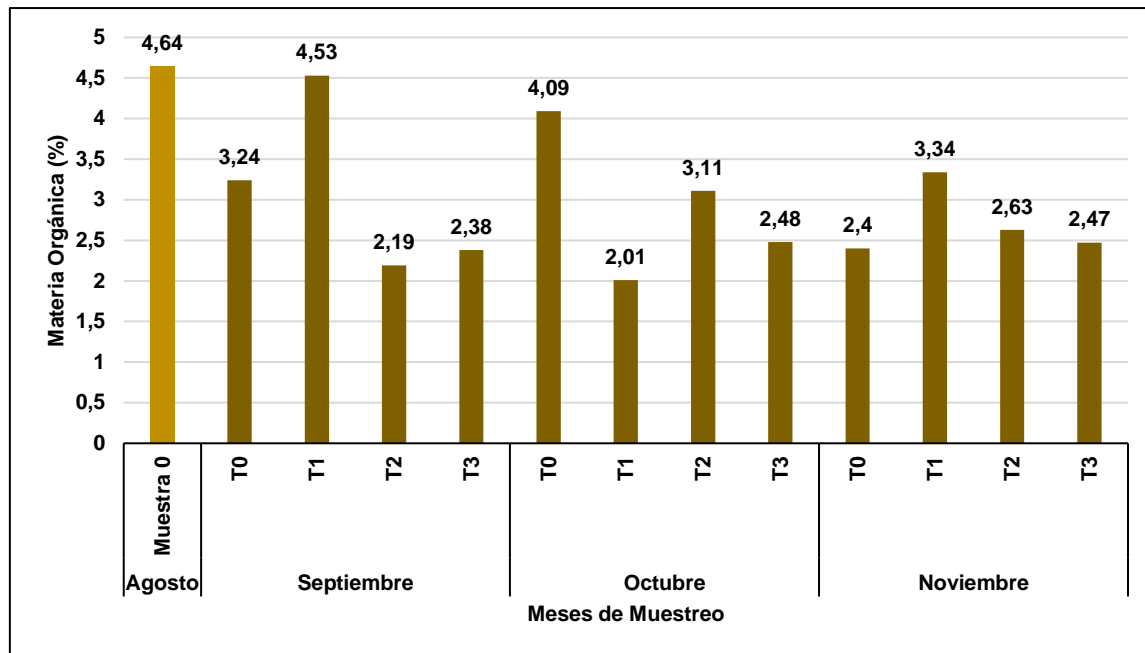


Figura 6.24: Gráfica de Materia Orgánica en Muestras de Suelo.

Ahora, pasando a al fósforo disponible en el suelo, comienza en la muestra 0 en un nivel alto, pero en el momento de las mediciones relacionadas a la inoculación, estas decaen, a rangos óptimos a excepción del T0, que en todas las mediciones obtiene un valor calificado como bajo.

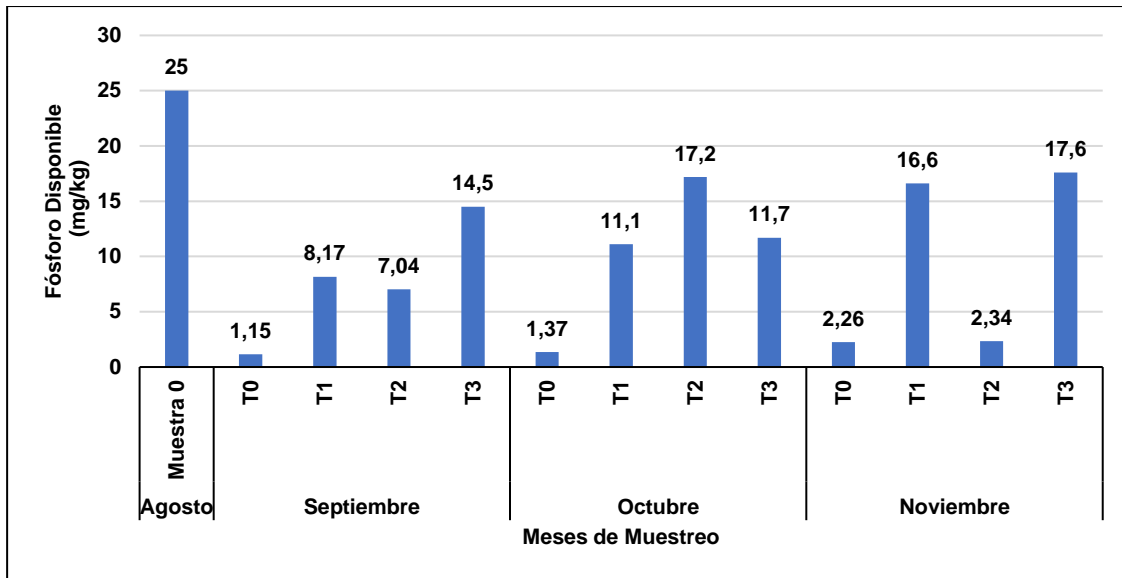


Figura 6.25: Gráfica de Fósforo Disponible en Muestras de Suelo.

Para el caso del potasio, en la muestra 0, este se encuentra clasificado como alto, luego en el mes de septiembre es T1 quien toma protagonismo al clasificarse como un valor dentro del rango óptimo, lo cual empeora en octubre y noviembre, obteniendo datos para T1, T2 y T3 bastante más bajos que la muestra 0, calificándose como bajos.

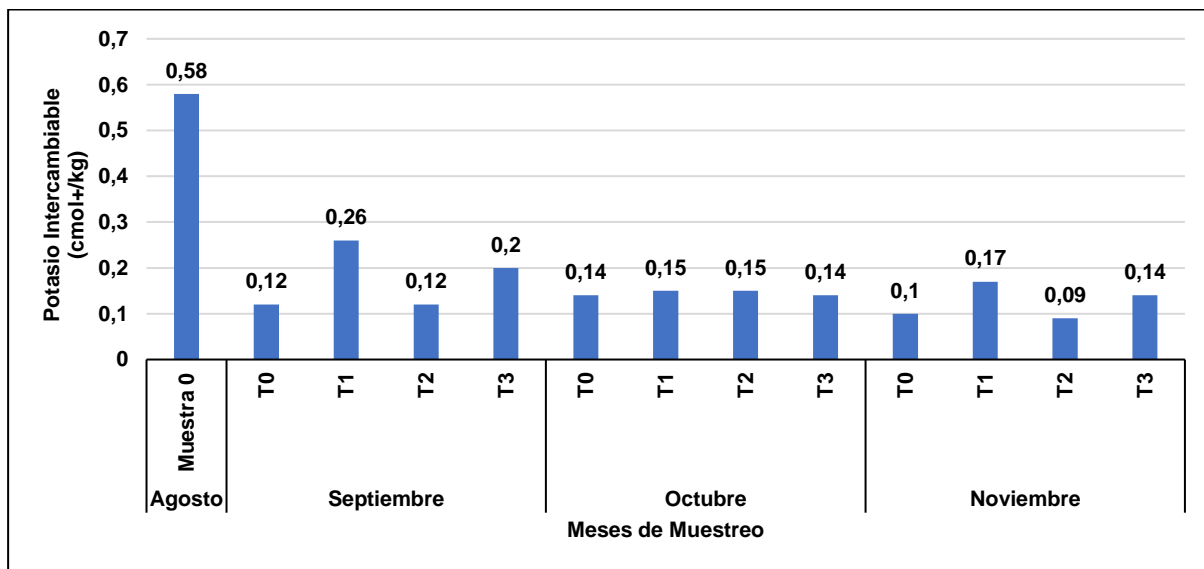


Figura 6.26: Potasio Intercambiable en Muestras de Suelo.

Una baja relación Ca:Mg indica un suelo con un bajo contenido de Ca intercambiable y un normal contenido de Mg, o un suelo con un normal contenido de Ca intercambiable y alto Mg,

en este caso cumpliéndose la primera aseveración, en donde el calcio se encuentra en un nivel más bien bajo en comparación al magnesio que se encuentra dentro del rango óptimo, tal como se muestra en la **Figura 6.28** y la **Figura 6.29**.

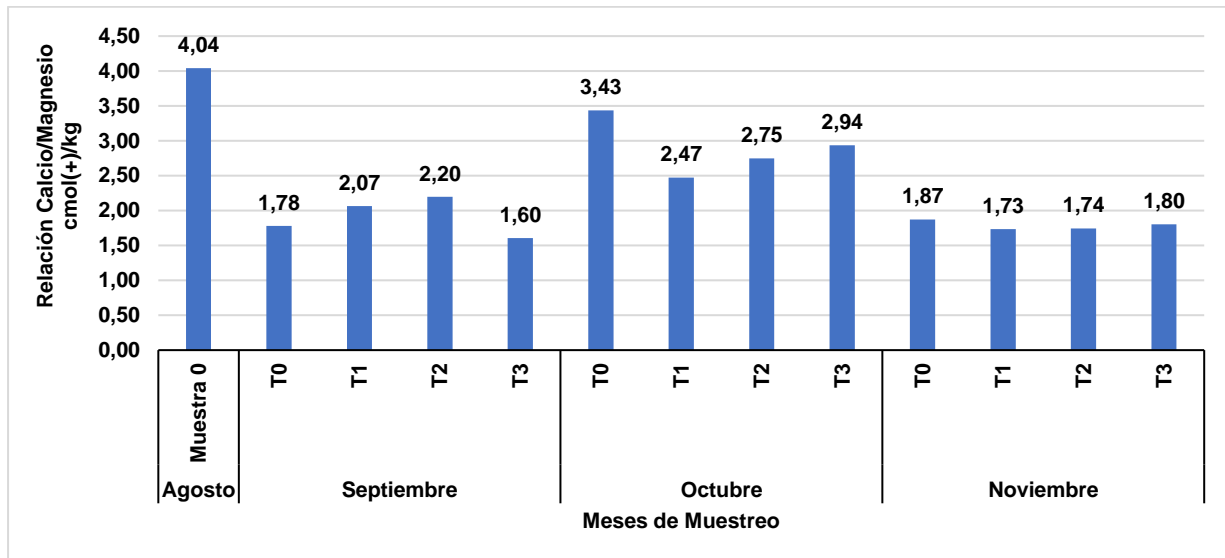


Figura 6.27: Relación Calcio/Magnesio en Muestras de Suelo.

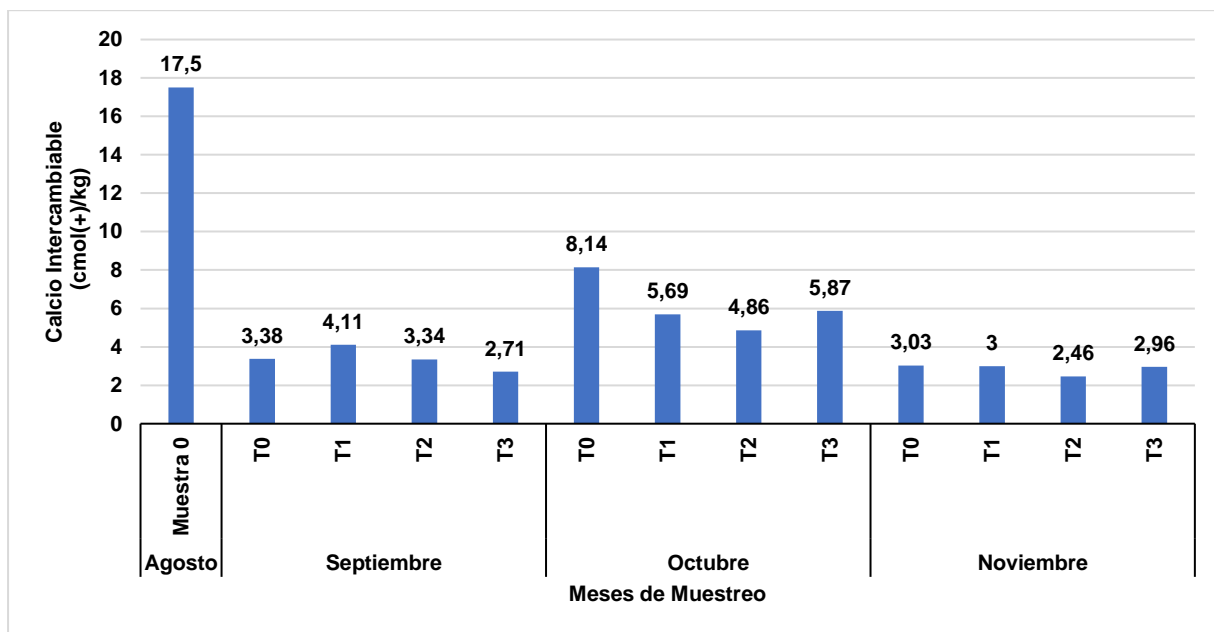


Figura 6.28: Calcio Intercambiable en Muestras de Suelo.

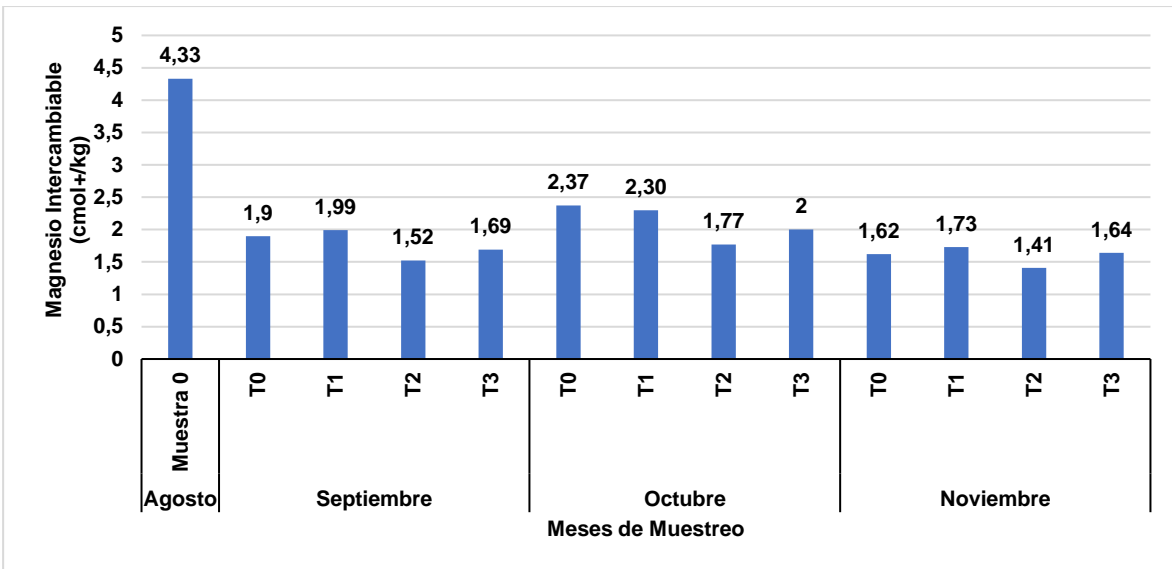


Figura 6.29: Magnesio Intercambiable en Muestras de Suelo.

La relación K:Mg debe estar comprendida entre 0,2 y 0,3 tal como se estipula en la **Tabla 5.4**. Si esta relación es mayor de 0,5 pueden producirse deficiencias de magnesio por efecto antagónico de potasio. En cambio, si la relación es de alrededor 0,1, se puede producir una deficiencia de potasio inducida por el magnesio, lo cual es el caso de la relación presentada a continuación.

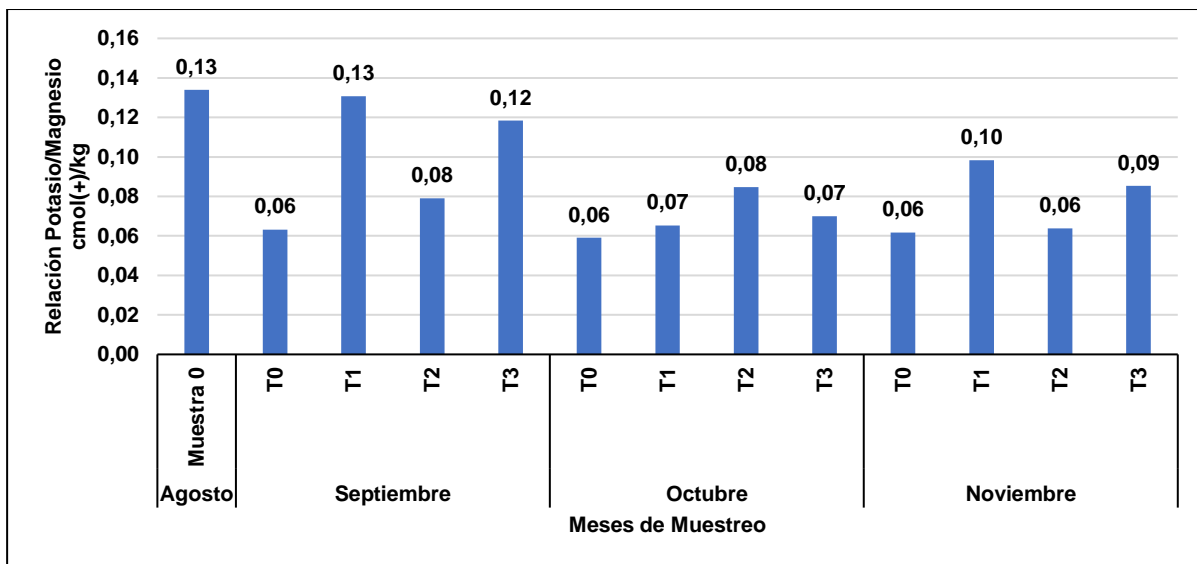


Figura 6.30: Relación Potasio/Magnesio en Muestras de Suelo.

En este caso la capacidad de campo se califica como alta según lo tabulado en la metodología en todos los meses de medición para cada uno de los tratamientos.

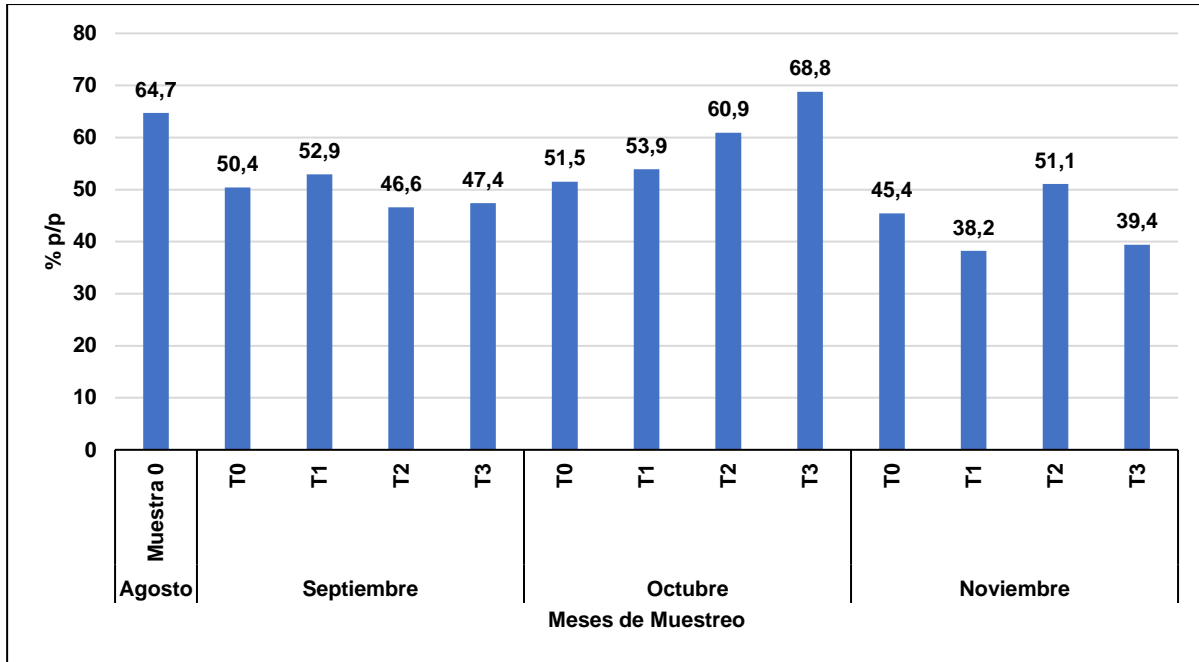


Figura 6.31: Gráfica de Capacidad de Campo para Muestras de Suelo.

6.3. RESULTADOS DEL OBJETIVO 3

Para la presentación de este objetivo, es necesario puntualizar que está basado completamente en la experimentación de esta investigación del bioinoculante en base a cianobacterias y revisión bibliográfica para los otros dos casos con los que se comparó el caso de estudio.

Es así, que para el cálculo del rendimiento de bioinoculante (Véase en Anexo A), se tomaron en cuenta algunas consideraciones:

- El cálculo está dimensionado para 1 ha de trabajo, con 1200 plantas (Krishnapillay, 2000) para abonar allí.
- Se toma en cuenta la superficie de afectación de la planta en casillas de plantación de 40 x 40 (cm).
- En base a los resultados planteados en el primer objetivo del presente trabajo, se realizará el cálculo para una aplicación de 4 (g/m²).

Para el caso del cálculo de rendimiento para el fertilizante FARTUM® NPK 20-20-20 se tomó en cuenta que cada bidón contiene 5 L de producto y la ficha de uso entregada por su proveedor especifica que para 1 ha es recomendable de 5 a 8 dosis (FARTUM, 2023), por lo que, para efectos de este cálculo, se tomó una base de 8 aplicaciones de 5 litros, llevándose a cabo una multiplicación simple, resultando en 35 L de producto para 1ha.

En el caso de Fertilizante COPEVAL Mezcla 29-14-8 los sacos tienen un peso de 25 kg, por lo que tomando en cuenta que se usan regularmente 20 sacos para 1 ha (CANTIDAD DE FERTILIZANTE A APLICAR, s.f.), a través de una multiplicación simple, se obtiene un total de 500 kg de fertilizante.

Para el caso de los costos/ha está estipulado desde el punto de vista de la revisión bibliográfica:

- Bioinoculante en base a cianobacterias: Si bien se estipula el valor según la dosis de aplicación y el número de aplicaciones el valor fluctúa entre los 375 € para 1 ha (Santini *et al.*,2021), lo que equivale aproximadamente a \$355.380.
- Fertilizante FARTUM® NPK 20-20-20: según el valor del mercado, este se encuentra a \$57.990 (Mercado Libre, s.f.) y multiplicado por los 7 bidones que se fijaron anteriormente, resulta un total de \$405.930.
- Fertilizante COPEVAL Mezcla 29-14-8: para este caso, en la página del proveedor estipula un valor de \$15.202 (Copeval, s.f.), la cual, multiplicado por los 20 sacos recomendados para su uso en 1 Ha, resulta en un total de \$304.200.

Tabla 6.2: Matriz de doble entrada requerida para caracterización de los productos.

| Productos | Atributos | | | | |
|--|-------------|-----------------------------------|-----------|----------------------------|------------|
| | Rendimiento | Transporte | Costo/Ha | Aporte de Nutrientes (NPK) | Origen |
| Bioinoculante en base a cianobacterias | 1907 L/ha | Terrestre, en bidones de 5 ó 10 L | \$355.380 | 20-25-7 | Natural |
| FARTUM® NPK 20-20-20 | 40 L/ha | Terrestre, en Bidones de 5 L | \$405.930 | 20-20-20 | Natural |
| Fertilizante COPEVAL Mezcla 29-14-8 | 500 kg/ha | Terrestre, en sacos de 25 kg | \$304.200 | 29-14-8 | Industrial |

De esta tabla, se desglosan diferentes valores, los cuales, si ordenamos según el producto, el fertilizante COPEVAL es el más económico, incluso tomando en cuenta que es el que requiere mayor cantidad de producto para realizar la fertilización o mejora de la plantación, le sigue el bioinoculante en base a cianobacterias y por último el fertilizante FARTUM.

Con respecto a la prefactibilidad técnica de aplicación, se debió considerar que si bien el fertilizante COPEVAL es el más económico de los tres, su transporte a lugares con dificultad de acceso (tales como quebradas y laderas de cerros, lugares en donde lamentablemente ocurren muchos de los incendios forestales) se hace un poco complicado y eso tomando la premisa de aplicación en 1 ha de trabajo, muy por debajo de lo afectado por ejemplo, en el incendio del Parque Natural Kan Kan, el cual fue afectado en 111 ha según el informe de CONAF (Buitrago, 2022), lo que no lo hace del todo preferible para una restauración ecológica de tal magnitud.

El bioinoculante en base a cianobacterias, al encontrarse en estado líquido, podría ser una mejor opción respecto de la aplicación, ya que, así como se realiza la reforestación en zonas afectadas por incendios forestales, lo que debe ir acompañado por un riego utilizando mochilas de pulverización, podría ser la forma en que este bioinoculante podría transportarse y ser aplicado directamente a la casilla de plantación. De igual forma, este bioinoculante tiene la particularidad de poder ser producido a partir de una planta de producción *in situ*, lo cual cuenta como un beneficio extra respecto de la prefactibilidad técnica y tomando en cuenta la cantidad

de producto que se necesita para 1 ha, al trabajarse con organismos fotosintéticos como las cianobacterias, además de la producción misma del bioinoculante, esta planta y la aplicación de este producto, pueden contribuir a la captura de CO₂ (Cáceres y Salazar, 2023), aunque, aumentando los costos totales de aplicación, producto de los costos asociados a la puesta en marcha y producción de la planta.

El fertilizante FARTUM, de origen vegetal al igual que el bioinoculante en base a cianobacterias, tiene la misma aplicabilidad, de forma líquida, simplificando su transporte y aplicación, pero, así como tiene similitudes en lo positivo a su homólogo, también en sus debilidades, ya que, los costos asociados a su producción son más elevados, tiende a serlo el producto final. (Waycott, 2020)

7. DISCUSIÓN

Las cianobacterias y los efectos en su aplicación sobre plantas y suelo son cada vez más estudiadas, es más, desde 2006 que las investigaciones sobre estos, han aumentado considerablemente, logrando un total de 15 estudios sólo el año 2020. (Santini *et al.* 2021)

En este trabajo de investigación se evaluó el efecto de estas cianobacterias en diferentes concentraciones y tipos de aplicación, siendo estos de forma directa en el suelo o plantines y recubrimiento de semillas, correspondiendo estos a los métodos de aplicación más estudiados que representan el 26 y 18% respectivamente de aquellos estudios, tal como se menciona en el documento de Santini *et al.* (2021).

Ahora bien, para el caso de la germinación en placas Petri, los porcentajes bordean entre el 30 y 60% para Maitén, valores bajo el 81% que estipula el documento “Manual de protocolos de producción de especies utilizadas por el programa de arborización” (Alvarado, Levet y CONAF, 2014) y entre un 20 y 30% para Molle, los cuales también se presentan como bajos valores de germinación, en comparación al 64% determinado en el documento antes citado, esto bajo condiciones de humectación de las placas en el laboratorio día por medio y según necesidad de la placa, lo cual se presenta como valores muy por debajo del 97% de semillas germinadas bajo condiciones de laboratorio en semillas de Algarrobo en el trabajo realizado por Juan Quispe (2014) titulado “Análisis de germinación de la semilla botánica de Algarrobo (*Prosopis pallida* Kunth) utilizando cinco tratamientos germinativos” de igual modo en este caso no fue posible determinar una diferencia significativa entre los tratamientos en Molle y Maitén, lo que lleva a pensar que habría que estandarizar los procesos pre germinativos, aplicando un remojo más exhaustivo o un frotación realizada con vidrio como se realizó en el documento antes mencionado, ya que, en el caso de esta investigación, esta limpieza de la testa, se realizó de forma manual, lo que podría haber afectado la capacidad germinativa de las semillas, además de cuidar de la infección por hongos en las placas, ya que, tal como lo señala Cabello y Camelio (1996) en su investigación “Las temperaturas óptimas de germinación fueron 10 y 15°C; 20°C favoreció el ataque de hongos. Causando la muerte del 75 al 95% de las semillas, y 30°C fue letal” (p.12), y tomando en cuenta que la temperatura del laboratorio oscilaba entre 18 y 20°C, puede esta ser una variable a considerar con más detalle y la razón por la cual la cantidad de semillas con las que acabó el ensayo no fue la cantidad inicial, por lo cual, se sugiere que, para futuros ensayos, la depuración de semillas se realice de forma más rigurosa y en lo posible en condiciones de laboratorio estéril.

En el caso de las almacigueras, es de suma importancia contar con réplicas de trabajo, al menos unas 3, con las cuales el proceso de registro habría sido más tardado pero se tendría la posibilidad de contar con un mayor rango de datos para el análisis, de igual forma, se recomienda que en la base de cada pocillo de las almacigueras se disponga de una cantidad de algodón que dificulte el paso de partículas del sustrato, no así del exceso de agua, procedimiento que no se realizó en este trabajo, por lo que se evidenció una pérdida sustancial

de sustrato en varios pocillos por la pérdida de material por el fondo de cada uno de ellos, también es importante mencionar que por cada pocillo se disponga de sólo una semilla, ya que así disminuyes el ruido que podría generar al momento de realizar el análisis estadístico. Otra variable por considerar es la posición de cada una de las bandejas almacigueras en el lugar de trabajo, ya que, esto genera diferencias en la cantidad de luz que reciben las plantas durante el día y la humedad que retienen, por lo que mantener todas las almacigueras a la misma altura y con una infiltración de luz lo más similar, podría llegar a provocar diferencias significativas en los crecimientos de cada planta y en cada tratamiento. Cabe mencionar, en este caso, que esto escapa de las manos de quien realiza el ensayo, ya que no se contaba con un lugar adecuado para que todas las almacigueras (T0,T1 y T2).

Que el sustrato sea esterilizado al igual que el riego es otra de las variables para tener en cuenta, ya que, realizar un riego con aspersor y agua de la llave podría generar ciertas diferencias. Por último, una de las cosas que más dificultó el orden y procesamiento de los datos fue la periodicidad del registro de toma de datos, los que debieron haberse realizado de forma diaria, pero se realizaron día por medio.

Respecto de los repiques, es de vital importancia que los que fueran repiques iniciales y tardíos, sea de la especie que sean, provengan del mismo vivero, asegurando que al momento de iniciado el ensayo en repiques iniciales se tenga la cantidad y especie que se necesite de estos. Algo que no sucedió para efectos de este trabajo, ya que, si bien en un principio el vivero de la Reserva Nacional Lago Peñuelas se comprometió a tener cierta cantidad de plantas de cierta edad para cada ensayo, no fue así, por lo que los repiques iniciales de Maitén tuvieron que ser adquiridos desde un vivero externo, en donde las plantas se veían aparentemente iguales en condiciones de altura y vigor, razón por la cual al momento de realizar el análisis estadístico de dicho ensayo, este no arroja diferencias estadísticamente significativas entre sus tratamientos, caso contrario a lo que sucedió en los repiques tardíos de Maitén y Molle y su repique inicial, donde si bien se escogieron plantas similares en tamaño y vigor, estas respondieron de forma diferente, ya que, además contaban con la aclimatación de la zona en donde se llevó a cabo este ensayo.

En lo que concierne a las mediciones realizadas en los suelos tratados con cianobacterias, en donde bajo la mirada de diferentes parámetros revisados, se pone en duda si es realmente efectiva la aplicación de cianobacterias en estos como una solución a la restauración ecológica, ya que no ocurrió un aumento favorable de materia orgánica, que como se estipuló en el capítulo de resultados pueda deberse a la incidencia de altas lluvias en los meses de medición.

A esto se le suma la capacidad de campo que es un indicador de suelo que se define como la cantidad de agua que puede retener éste a drenaje libre. Su valor tiene relación con la textura y la estructura del suelo, es la cantidad de agua que pueden retener 100 g de suelo. Esta medida es muy útil para calcular la dosis de riego de los cultivos, y, además, en general, da una idea muy real de las características hídricas del suelo. Este análisis es muy adecuado cuando se presentan problemas de falta o de exceso de humedad en algunos momentos de desarrollo de los cultivos. En estos casos es importante valorar las posibilidades de retención de agua de todos los horizontes del suelo para poder conocer la capacidad total de retención

de agua, (Valero, 1993), lo que para el caso de este ensayo en suelos, determinó que era un suelo de alta capacidad de retención de agua.

Por su parte la fijación de nitrógeno no está siendo del todo efectiva, siendo incluso menor en los meses que fue inoculado, pero varios autores mencionan que el aumento de precipitaciones podría haber lavado el nitrógeno más superficial (Veiga & Prado Wildner, 1993), de este modo no pudiendo fijarlo si no hay una planta en donde este pueda ser aprovechado, esto podría deberse la época de muestreo, puesto que elementos como el nitrógeno, cuya dinámica en el suelo puede implicar la obtención de resultados muy diferentes, según la época del año en la cual fue colectada la muestra, en este caso hechas en meses (septiembre y octubre) en donde los datos pluviométricos entregados por (DIRECTEMAR, 2023) arrojan valores de 35,6 (mm) en la Región de Valparaíso para el mes de septiembre y de 25,9 (mm) para el mes de octubre, y teniendo en cuenta que las tomas de muestras correspondientes al mes de octubre se toman a inicios del mes, podría ser este (las lluvias de septiembre) un factor a tomar en cuenta al analizar este parámetro.

El fertilizante COPEVAL cuenta con el valor más bajo, incluso tomando en cuenta que es el producto con mayor dificultad de transporte, pero sí de mayor accesibilidad. Y aunque el bioinoculante en base a cianobacterias es el producto que se presenta como el estudiado en este documento, se conoce y tiene más investigación en línea y conocimiento social respecto de los fertilizantes químicos, por lo que muchas veces termina siendo elegido por sobre las otras dos alternativas presentadas, pero cuenta con desventajas y es que al ser tan estudiado, se le conoce también efectos negativos sobre el suelo y napas subterráneas, por ejemplo, el nitrógeno en forma de nitrato es directamente asimilable por las plantas; sin embargo, es fácilmente lavable en profundidad, pudiendo contaminar las aguas subterráneas de forma irreversible. Por esta razón es importante aplicar solamente la cantidad necesaria en cada fase del cultivo, pues el nitrógeno sobrante está expuesto a ser lavado en profundidad por las aguas de lluvia o de riego. (Valero, 1993). Con respecto a los bajos índices de fósforo en suelos puede deberse a que el óptimo rango de pH del suelo dentro del cual se observa la máxima disponibilidad de este elemento se encuentra entre 6,5 y 7,5. Las causas de este comportamiento se asocian fundamentalmente a que en este rango ocurre la máxima solubilidad de las formas de fósforo inorgánico del suelo. (Rojas, 2009)

Y como en este caso se tienen valores de pH que circundan entre 5 – 6, podría ser una respuesta a los bajos valores de fósforo disponible.

Finalmente, y aunque parece haber oportunidades para explotar en gran medida las cianobacterias como bioinoculantes vegetales, actualmente hay pocos productos bien caracterizados en el mercado, la mayoría de los cuales se basan en *Arthrospira sp.*, siendo España el país líder de la UE en la producción de bioinoculante de cianobacterias. En el gran y heterogéneo mercado de bioestimulantes, los productos a base de cianobacterias todavía representan un nicho muy pequeño, especialmente en comparación con la multitud de productos a base de algas que constituyen más del 33% del mercado total en todo el mundo como lo menciona Santini et al. (2021) en su investigación.

8. CONCLUSIÓN

Se logró determinar el efecto de las cianobacterias sobre la germinación y viverización de Maitén y Molle, de esta forma, desde el punto de vista de la velocidad de germinación y su porcentaje de germinación el Tratamiento 1 (T1) es el más indicado para Maitén y Molle en placas Petri y almacigueras, así también desde el punto de vista del crecimiento radicular y de tallos, el cual, si bien no tienen un comportamiento a nivel cuantitativo entre especies, si lo tiene de forma independiente, y aunque estos datos presentados, a simple vista tienen una diferencia, el análisis estadístico representa el sustento más fuerte, desde el cual se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas como para apuntar a un tratamiento u otro como el mejor.

Para el caso específico de la viverización, las plantas de Maitén en repique inicial cuentan con una diferencia estadística en sus tratamientos para el último día de medición, así también un crecimiento sostenido en T0 a lo largo del estudio. En su contraparte el repique tardío de Maitén no tiende a ser tan evidente en la diferencia entre los tratamientos, aunque hay una leve tendencia al tratamiento 1.

Para el caso de Molle en repique inicial y tardío este se ve altamente beneficiado por T2, lo que lo califica como la concentración adecuada para esta especie.

También se analizó el efecto de la aplicación de bioinoculante en base a cianobacterias en suelos afectados por incendios forestales y de concluyó que no es posible apuntar a una concentración de bioinoculante que destaque en la mejora de parámetros de fertilidad en suelos, incluso cuando en algunos parámetros tiende a verse una leve mejoría con la aplicación de T1.

Por último, en lo que concierne a la comparación técnica económica, a nivel de prefactibilidad de la biotecnología propuesta, el fertilizante COPEVAL termina siendo el primero desde el punto de vista económico, ya que resulta ser el de menor valor tomando en cuenta la misma cantidad de espacio a fertilizar, en segundo lugar, el bioinoculante en base a cianobacterias y por último el fertilizante FARTUM, siendo el de mayor valor. Desde el punto de vista técnico, se concluye que los dos productos en formato líquido son más adecuados al momento de realizar una fertilización, tomando en cuenta que son de origen vegetal y de fácil dispersión y transporte.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. (2004). *Principios de SER International sobre la restauración ecológica*. Recuperado el 3 de MAYO de 2023, de https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf
- AGRI nova Science. (2017). *AGRI nova Science*. Obtenido de <https://agrinova.com/noticias/la-utopia-del-5-de-la-materia-organica/>
- Alvarado, A., Levet, O., & CONAF. (2014). *Manual de Protocolos de Producción de especies utilizadas por el Programa de Arborización*. Santiago de Chile. Obtenido de https://www.conaf.cl/cms/editorweb/institucional/Manual_Protocolos_de_Produccion.pdf
- Álvarez, R., Olivares, Y., Varela, M., Undurraga, D., Cofré, O., Cerqueira, J., & Valencia, J. (2021). *FONDEF ID21110073 Producción in situ de bioinoculantes para suelos degradados por incendios forestales, en base a Cianobacterias fijadoras de nitrógeno, cultivadas a partir de cenizas de madera*. Universidad de Valparaíso, Escuela de Ingeniería en Medioambiente, Valparaíso.
- Arboles Nativos. (2023). Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/54225998@N03/5021688588>
- Barrezueta-Unda, S., Cervantes-Alava, A., Ullauri-Espinoza, M., Barrera Leon, J., & Condoy-Gorotiza, A. (2020). EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE IGNICIÓN PARA DETERMINAR MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS DE LA PROVINCIA EL ORO-ECUADOR. *SciELO Scientific Electronic Library Online*, 19(2). Recuperado el abril de 2023, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-77192020000200025
- Barriga, A. M. (2011). *Muestreo de Suelos para Análisis Químico y Recomendación de Fertilización y Enmiendas*. Centro Regional de Investigación Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Temuco. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/39713/NR25069.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20el%20caso%20de%20muestras,Norma%20Chilena%20NCh%202060%2D1999>
- Bernier, R., & Undurraga, P. (2022). *Análisis de Suelo. Metodología e Interpretación*. Osorno. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8314/2.pdf?sequence=8&isAllowed=y>
- Buitrago, L. (diciembre de 2022). La tragedia ecológica que dejó el incendio de Viña en el Parque Natural Kan Kan y cómo beneficia a las inmobiliarias. *El Ciudadano*. Obtenido

- de <https://www.elciudadano.com/medio-ambiente/la-tragedia-ecologica-que-dejo-el-incendio-de-vina-en-el-parque-natural-kan-kan-y-como-beneficia-a-las-inmobiliarias-fotos-videos/12/26/#:~:text=Adem%C3%A1s%2C%20el%20fuego%20arras%C3%B3%20un,Corporaci%C3%B3n%20N>
- Cabello, A., & Camelio, M. (1996). GERMINACION DE SEMILLAS DE MAITEN (*Maytenus boaria*) y PRODUCCIÓN DE PLANTAS EN VIVERO. *Revista Ciencias Forestales*, 11(1). Obtenido de http://revistacienciasforestales.uchile.cl/1996_vol11/n1-2a1.pdf
- Cáceres, J., & Salazar, S. (2023). *Evaluación técnico-económica de una planta de producción de fertilizante a base de cianobacterias*. Trabajo de titulación, Valparaíso.
- CIPOTATO. (s.f.). Obtenido de <https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/17/cantidad-de-fertilizante-a-aplicar/>
- Comité Nacional de Restauración Ecológica. (2017). *Documento marco para la Restauración Ecológica*. Ministerio de Medio Ambiente, Santiago. Obtenido de https://restauracionecologica.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/Documento_Marco_Restauracion_Ecologica.pdf
- Comité Nacional de Restauración Ecológica. (2017). *Documento Marco para la Restauración Ecológica*. Ministerio de Medio Ambiente, Santiago. Obtenido de https://restauracionecologica.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/Documento_Marco_Restauracion_Ecologica.pdf
- Comité Nacional de Restauración Ecológica. (2017). *Documento Marco para la Restauración Ecológica*. Ministerio de Medio Ambiente, Santiago. Obtenido de https://restauracionecologica.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/Documento_Marco_Restauracion_Ecologica.pdf
- CONAF. (1999). *Plan de Manejo Reserva Nacional Lago Peñuelas*. Valparaíso. Recuperado el 2023, de https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1382468783RNPe%C3%B1uelas.pdf
- CONAF. (2011). *Manual con Medidas para la Prevención de Incendios Forestales*. Departamento de Manejo del Fuego, Región de Valparaíso; Departamento Prevención de Incendios Forestales., Valparaíso. Recuperado el 12 de Marzo de 2023, de https://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1361284710manual_Valpara%C3%ADsobaja.pdf
- CONAF. (2023). *CONAF.cl*. Obtenido de <https://www.conaf.cl/parques/reserva-nacional-lago-penuelas/>
- Copeval. (s.f.). *Copeval*. Obtenido de <https://www.copeval.cl/fertilizante-copeval-mezcla-29-14-8-saco-25-kg-85982.html>
- Corporación Chilena de la Madera (CORMA). (2020). *Manual de Silvicultura para pequeños propietarios y familia campesina*. CORMA, Concepción. Obtenido de

<https://www.corma.cl/wp-content/uploads/2020/03/manual-de-forestacion-campesina.pdf>

Dirección General del Agua de la Secretaría de Estado de Medio Rural y Agua del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. (2011). *Catálogo de cianobacterias planctónicas potencialmente tóxicas de las aguas continentales españolas*. Recuperado el 2023, de <https://www.sergas.es/Saude-publica/Documents/1477/CAT%C3%81LOGO%20CIRES%20QUESADA.pdf>

DIRECTEMAR. (2023). *El tiempo en capitania de puerto valparaiso*. Obtenido de <https://web.directemar.cl/met/jturno/estaciones/valparaiso/thisyear.htm>

El Mostrador. (23 de marzo de 2021). *elmostrador.cl*. Obtenido de <https://www.elmostrador.cl/noticias/multimedia/2021/03/23/cerca-de-200-hectareas-han-sido-consumidas-en-el-segundo-dia-de-incendio-en-la-reserva-nacional-lago-penuelas/>

FARTUM. (2023). *Ficha Técnica FARTUM NPK 20-20-20*. Obtenido de <https://static1.squarespace.com/static/608847930afeb26293be2143/t/64bbf672933d2975d0f89eca/1690039922807/FT-FARTUM-NPK-20-20-20-V01-180723-SPA.pdf>

Fernández, I., Morales, N., Olivares, L., Salvatierra, J., Gómez, M., & Montenegro, G. (2010). *Restauración ecológica para ecosistemas nativos afectados por incendios forestales*. Santiago de Chile. Obtenido de <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/restauracion-de-areas-quemadas/>

Gómez, C. L. (Mayo de 2023). *Lifeder*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/anabaena/>

González Zertuche, L., & Orozco Segovia, A. (1996). *Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: Manfreda brachystachya*. Mexico D.f. doi:<https://doi.org/10.17129/botsci.1484>

Hernández, R., & Araujo, D. (2016). CIANOBACTERIAS: UNA ALTERNATIVA PARA AUMENTAR LA COMPETITIVIDAD AGRÍCOLA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA DE LA GUAJIRA COLOMBIANA. *Revista Interdisciplinaria de Estudios en Ciencias Básicas e Ingenierías Universidad de La Guajira*, 3(2). Recuperado el 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8742449.pdf>

Hoffmann, A. (1979). *FLORA SILVESTRE DE CHILE Zona Central* (Quinta Edición ed.). Santiago, Chile: Fundación Claudio Gay. Recuperado el Mayo de 2023

InfoAgro. (11 de septiembre de 2021). *InfoAgro.com.ar*. Obtenido de <https://infoagro.com.ar/como-saber-si-las-semillas-van-a-germinar/>

INFOR. (2001). *gestionforestal.cl*. Obtenido de http://www.gestionforestal.cl/pt_02/plantaciones/map25-m.htm

Ing. Eloy Molina, M. (s.f.). *Análisis de Suelos y su Interpretación*. Amino Grow Internacional. Obtenido de

- <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanaliseinterpretacion.pdf>
- INIA. (2012). *TOMA DE MUESTRAS PARA ANALISIS DE SUELOS*. Coyhaique. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Christian-Hepp/publication/341940904_TOMA_DE_MUESTRAS_PARA_ANALISIS_DE_SUELOS/links/5eda593445851529453737cd/TOMA-DE-MUESTRAS-PARA-ANALISIS-DE-SUELOS.pdf
- International Plant Nutrition Institute. (2016). *NUEVAS TENDENCIAS EN LAS RELACIONES CALCIO:MAGNESIO*. Obtenido de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/C06FC0A1C95EEF708525801300599351/\\$FILE/Art%205.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/C06FC0A1C95EEF708525801300599351/$FILE/Art%205.pdf)
- Krishnapillay, B. (2000). Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales.*, 51(2). Obtenido de <https://www.fao.org/3/x4565S/x4565s04.htm#:~:text=La%20densidad%20inicial%20de%20plantaci%C3%B3n,1%20600%20plantas%20por%20hect%C3%A1rea>.
- La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). *fao.org*. Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- Luebert, F., & Pliscoff, P. (2018). *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile* (Segunda ed.). Santiago, Chile: Universitaria.
- McKean, S. J. (1993). *Manual de Análisis de Suelos y Tejido Vegetal*. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. Obtenido de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/S593.M2_Manual_de_an%C3%A1lisis_de_suelos_y_tejido_vegetal_Una_gu%C3%ADa_de_t%C3%A9rica_y_pr%C3%A1ctica_de_metodologia.pdf
- Mercado Libre*. (s.f.). Obtenido de https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-1080777136-fertilizante-abono-natural-fertum-npk202020-algas-5litros-_JM?matt_tool=13097285&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14573893154&matt_ad_group_id=126469660466&matt_match_type=&matt_network=g&matt_
- Moreno, A. C. (2021). *Restauración de bosques: Lecciones y desafíos en un mundo cambiante* (Primera ed.). Santiago, Chile: Universitaria.
- Pausas, J. G. (2012). *¿Qué sabemos de? Incendios Forestales*. Madrid, España: CATARATA.
- Quispe, J. (2014). *Análisis de germinación de la semilla botánica de Algarrobo (Prosopis pallida Kunth) utilizando cinco tratamientos germinativos*. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/394/T%20F03%20Q6%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Riedemann, P., & Aldunate, G. (2001). *Flora Nativa de Valor Ornamental Zona Centro*. Santiago, Chile: Editorial Andrés Bello. Recuperado el Mayo de 2023

- Rodríguez, R., & Solla, F. (2001). *Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido mediante un ensayo en laboratorio*. Escuela Politécnica Superior, Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Edafología y Química Agrícola., Lugo. Recuperado el 23 de Abril de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/28124448_Evaluacion_del_aporte_de_cenizas_de_madera_como_fertilizante_de_un_suelo_acido_mediante_un_ensayo_en_laboratorio
- Rojas, C. (2009). *Disponibilidad del Fósforo y su Corrección*. INIA, Santiago. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8761/NR28126.pdf?sequence=9&isAllowed=y>
- Santini, G., Biondi, N., Rodolfi, L., & Tredici, M. (2021). Plant Biostimulants from Cyanobacteria: An Emerging Strategy to Improve Yields and Sustainability in Agriculture. *Plants*, 10(4). doi:<https://doi.org/10.3390/plants10040643>
- Secretaría Técnica Consejo Nacional de Implementación de la Agenda 2030. (s.f.). *ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres*. Obtenido de <https://www.chileagenda2030.gob.cl/PARTICIPA/sobre-agenda/ods-15/2>
- Seguel, M. (23 de marzo de 2023). *Universidad de Chile*. Obtenido de <https://uchile.cl/noticias/203443/como-recuperar-los-suelos-afectados-por-los-incendios-de-este-verano>
- Sistema de Información Digital para el Control de Operaciones – SIDCO CONAF. (2023). *CONAF.cl*. Obtenido de <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadistica-de-ocurrencia-diaria/>
- Takayashiki, M., Williams, E., Schenk, J., Alvarado, M., & Greau, M. (1998). *MONOGRAFÍAS DE ESPECIES PARA LA FORESTACIÓN EN LA ZONA SEMIÁRIDA DE CHILE*. CONAF, Santiago. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/20.500.13082/10684/1/CONAF-0058.pdf>
- Thielemann, E. (2009). *Chilebosque*. Obtenido de <https://www.flickr.com/photos/chilebosque/5507392115>
- Ulibarry, P. G. (2017). *Impacto de los incendios forestales en suelo, agua, vegetación y fauna*. Asesoría Técnica Parlamentaria, Congreso Nacional de Chile, DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS, EXTENSIÓN Y PUBLICACIONES. Obtenido de <https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmTIPO=DOCUMENTOCOMUNICACIONCUENTA&prmID=39186#:~:text=Los%20principales%20impactos%20de%20los,org%C3%A1nica%2C%20alteraci%C3%B3n%20de%20la%20vegetaci%C3%B3n.>
- Valero, M. S. (1993). *INTERPRETACION DE ANALISIS DE SUELOS Guia práctica para muestrear los suelos e interpretar sus análisis*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf

- Veiga , M., & Prado Wildner, L. (1993). *Relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo*. FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/3/t2351s/T2351S06.htm#Relaci%C3%B3n%20entre%20erosi%C3%B3n%20y%20p%C3%A9rdida%20de%20fertilidad%20del%20suelo>
- Vivero Nativos de Cantillana. (2023). *nativosdecantillana.cl*. Obtenido de <https://www.nativosdecantillana.cl/vivero/arboles-nativos/maiten/>
- Viveros Valparaíso. (2023). *Viveros Valparaíso*. Obtenido de <https://www.viverosvalparaiso.cl/producto/molle/>
- Viveros Valparaíso. (2023). *Viveros Valparaíso*. Obtenido de <https://www.viverosvalparaiso.cl/producto/maiten/>
- Waycott, B. (2 de marzo de 2020). *Global Seafood Alliance*. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/producir-algas-puede-ser-costoso-las-innovaciones-apuntan-a-reducir-los-costos/>

8 ANEXOS

Anexo A: Cálculo de rendimiento para el bioinoculante en base a cianobacterias

| | |
|---|--|
| Para 1 m ² | |
| 0,4 m | * 0,4 m = 0,16 m ² |
| Si para 1 m ² se necesita una concentración de 8 (g/m ²), hacemos el cálculo para la cantidad requerida para una casilla de plantación | |
| 1 m ² → 4 (g/m ²) | |
| 0,16 m ² → x | → x = 0,64 (g/m ²) |
| Para saber cuánto se aplica en 1 ha | |
| 0,64 (g/m ²) | * 1200 plantas = 768 (g/m ²) |
| Conversión a Litros | |
| 1L → 0,7 (g/m ²) | |
| x → 768 (g/m ²) | → x = 1097,14 L |

Anexo B: Tabla Resumen T0 Maitén placa Petri

| T0 Maitén | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Capacidad Germinativa | 4 | 1 | 5 | 4 | 0 | 1 | 2 | 4 | 8 | 5 | 5 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Acumulado de la Capacidad Germinativa | 4 | 5 | 10 | 14 | 14 | 15 | 17 | 21 | 29 | 34 | 39 | 39 | 40 | 40 | 42 | 42 | 42 | 42 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| Total Semillas sin Hongos | 78 | 78 | 74 | 73 | 73 | 70 | 69 | 68 | 67 | 62 | 57 | 56 | 53 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 49 | 46 | 46 | 46 |
| Porcentaje de Germinación | 5% | 1% | 7% | 5% | 0% | 1% | 3% | 6% | 12% | 8% | 9% | 0% | 2% | 0% | 4% | 0% | 0% | 0% | 6% | 0% | 0% | 0% |
| Acumulado Porcentaje de Germinación | 5% | 6% | 13% | 19% | 19% | 20% | 23% | 29% | 41% | 49% | 58% | 58% | 60% | 60% | 63% | 63% | 63% | 63% | 69% | 69% | 69% | 69% |
| Promedio Diario de Crecimiento Radicular | 0,06 | 0,19 | 0,73 | 1,31 | 1,58 | 2,62 | 3,72 | 3,05 | 4,96 | 6,74 | 7,00 | 9,05 | 8,53 | 9,52 | 13,33 | 15,51 | 17,36 | 19,91 | 25,26 | 21,18 | 19,77 | 29,87 |
| Velocidad de Germinación | 0,22 | 0,27 | 0,52 | 0,72 | 0,72 | 0,76 | 0,84 | 1,00 | 1,31 | 1,50 | 1,67 | 1,67 | 1,71 | 1,71 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 1,85 |

Anexo C: Tabla Resumen T1 Maitén placa Petri

| T1 Maitén | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Capacidad Germinativa | 1 | 2 | 3 | 3 | 11 | 3 | 4 | 4 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Acumulado de la Capacidad Germinativa | 1 | 3 | 6 | 9 | 20 | 23 | 27 | 31 | 32 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 |
| Total Semillas sin Hongos | 77 | 77 | 73 | 71 | 67 | 65 | 62 | 62 | 61 | 57 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 |
| Porcentaje de Germinación | 1% | 3% | 4% | 4% | 16% | 5% | 6% | 6% | 2% | 11% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Acumulado Porcentaje de Germinación | 1% | 4% | 8% | 12% | 29% | 33% | 40% | 46% | 48% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% | 58% |
| Promedio Diario de Crecimiento Radicular | 0,07 | 0,11 | 0,36 | 0,72 | 1,06 | 1,65 | 2,47 | 3,65 | 5,52 | 7,51 | 10,61 | 13,94 | 12,26 | 15,03 | 11,90 | 14,39 | 16,03 | 13,29 | 12,90 | 12,99 | 14,23 | 16,91 |
| Velocidad de Germinación | 0,06 | 0,16 | 0,28 | 0,39 | 0,77 | 0,86 | 0,98 | 1,09 | 1,01 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 |

Anexo D Tabla Resumen T2 Maitén placa Petri

| T2 Maitén | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Capacidad Germinativa | 5 | 3 | 3 | 8 | 3 | 4 | 3 | 1 | 4 | 9 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Acumulado de la Capacidad Germinativa | 5 | 8 | 11 | 19 | 22 | 26 | 29 | 30 | 34 | 43 | 45 | 45 | 47 | 47 | 49 | 50 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 |
| Total Semillas sin Hongos | 80 | 80 | 80 | 80 | 79 | 79 | 76 | 76 | 76 | 74 | 70 | 67 | 64 | 63 | 62 | 62 | 60 | 60 | 59 | 58 | 58 | 58 |
| Porcentaje de Germinación | 6% | 4% | 4% | 10% | 4% | 5% | 4% | 1% | 5% | 12% | 3% | 0% | 3% | 0% | 3% | 2% | 2% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Acumulado Porcentaje de Germinación | 6% | 10% | 14% | 24% | 28% | 33% | 37% | 38% | 43% | 55% | 58% | 58% | 61% | 61% | 65% | 66% | 68% | 68% | 68% | 68% | 68% | 68% |
| Promedio Diario de Crecimiento Radicular | 0,18 | 0,34 | 1,30 | 1,85 | 2,49 | 4,51 | 4,92 | 5,28 | 7,26 | 9,69 | 13,07 | 14,18 | 13,47 | 14,73 | 12,76 | 11,76 | 13,48 | 13,81 | 15,87 | 17,66 | 19,30 | 24,78 |
| Velocidad de Germinación | 0,28 | 0,43 | 0,55 | 0,84 | 0,95 | 1,07 | 1,16 | 1,19 | 1,29 | 1,51 | 1,56 | 1,56 | 1,60 | 1,60 | 1,64 | 1,65 | 1,67 | 1,67 | 1,67 | 1,67 | 1,67 | 1,67 |

Anexo E Tabla Capacidad Germinativa Maitén placa Petri

| Maitén Placa Petri | | |
|--------------------|-------------|-----------------------|
| Nº de Día | Tratamiento | Capacidad Germinativa |
| 1 | T0 | 4 |
| 2 | T0 | 1 |
| 3 | T0 | 5 |
| 4 | T0 | 4 |
| 5 | T0 | 0 |
| 6 | T0 | 1 |
| 7 | T0 | 2 |
| 8 | T0 | 4 |
| 9 | T0 | 8 |
| 10 | T0 | 5 |
| 11 | T0 | 5 |
| 12 | T0 | 0 |
| 13 | T0 | 1 |
| 14 | T0 | 0 |
| 15 | T0 | 2 |
| 16 | T0 | 0 |
| 17 | T0 | 0 |
| 18 | T0 | 0 |
| 19 | T0 | 3 |
| 20 | T0 | 0 |
| 21 | T0 | 0 |
| 22 | T0 | 0 |
| 23 | T0 | 0 |
| 24 | T0 | 1 |
| 25 | T0 | 0 |
| 26 | T0 | 0 |
| 27 | T0 | 0 |
| 1 | T1 | 1 |
| 2 | T1 | 2 |
| 3 | T1 | 3 |
| 4 | T1 | 3 |
| 5 | T1 | 11 |
| 6 | T1 | 3 |
| 7 | T1 | 4 |
| 8 | T1 | 4 |
| 9 | T1 | 1 |
| 10 | T1 | 6 |
| 11 | T1 | 0 |
| 12 | T1 | 0 |
| 13 | T1 | 0 |
| 14 | T1 | 0 |
| 15 | T1 | 0 |
| 16 | T1 | 0 |
| 17 | T1 | 0 |
| 18 | T1 | 0 |
| 19 | T1 | 0 |
| 20 | T1 | 0 |
| 21 | T1 | 0 |
| 22 | T1 | 0 |
| 23 | T1 | 0 |
| 24 | T1 | 0 |
| 25 | T1 | 0 |
| 26 | T1 | 0 |
| 27 | T1 | 0 |
| 1 | T2 | 5 |
| 2 | T2 | 3 |
| 3 | T2 | 3 |
| 4 | T2 | 8 |
| 5 | T2 | 3 |
| 6 | T2 | 4 |
| 7 | T2 | 3 |
| 8 | T2 | 1 |
| 9 | T2 | 4 |
| 10 | T2 | 9 |
| 11 | T2 | 2 |
| 12 | T2 | 0 |
| 13 | T2 | 2 |
| 14 | T2 | 0 |
| 15 | T2 | 2 |
| 16 | T2 | 1 |
| 17 | T2 | 1 |
| 18 | T2 | 0 |
| 19 | T2 | 0 |
| 20 | T2 | 0 |
| 21 | T2 | 0 |
| 22 | T2 | 0 |
| 23 | T2 | 0 |
| 24 | T2 | 1 |
| 25 | T2 | 0 |
| 26 | T2 | 0 |
| 27 | T2 | 0 |

Anexo F Tabla Resumen T0 Molle placa Petri

| T0 Molle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Capacidad Germinativa | 0 | 1 | 0 | 6 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Acumulado de la Capacidad Germinativa | 0 | 1 | 1 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Total Semillas sin Hongos | 73 | 71 | 70 | 68 | 67 | 67 | 67 | 36 | 31 | 31 | 34 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 33 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| Porcentaje de Germinación | 0% | 1% | 0% | 9% | 1% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 3% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Acumulado Porcentaje de Germinación | 0% | 1% | 1% | 10% | 12% | 13% | 13% | 13% | 13% | 13% | 16% | 16% | 16% | 16% | 16% | 16% | 16% | 16% | 16% | 16% | 16% | 16% |
| Promedio Diario de Crecimiento Radicular | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,26 | 0,89 | 1,27 | 2,06 | 2,47 | 3,48 | 5,08 | 3,60 | 3,54 | 3,57 | 4,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Velocidad de Germinación | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 0,81 | 0,91 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 |

Anexo G Tabla Resumen T1 Molle placa Petri

| T1 Molle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Capacidad Germinativa | 2 | 3 | 2 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Acumulado de la Capacidad Germinativa | 2 | 5 | 7 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Total Semillas sin Hongos | 80 | 80 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Porcentaje de Germinación | 3% | 4% | 3% | 9% | 0% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Acumulado Porcentaje de Germinación | 3% | 6% | 9% | 18% | 18% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% | 19% |
| Promedio Diario de Crecimiento Radicular | 0,03 | 0,57 | 1,33 | 4,22 | 5,41 | 6,96 | 8,59 | 9,05 | 9,79 | 11,1 | 11,3 | 12,2 | 8,30 | 8,62 | 4,81 | 5,00 | 5,57 | 5,91 | 6,02 | 6,46 | 6,69 | 6,94 |
| Velocidad de Germinación | 0,33 | 0,71 | 0,91 | 1,45 | 1,45 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 | 1,51 |

Anexo H Tabla Resumen T2 Molle placa Petri

| T2 Molle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Capacidad Germinativa | 0 | 3 | 2 | 2 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Acumulado de la Capacidad Germinativa | 0 | 3 | 5 | 7 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Total Semillas sin Hongos | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 | 76 | 76 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 | 71 |
| Porcentaje de Germinación | 0% | 4% | 3% | 3% | 8% | 1% | 0% | 0% | 0% | 3% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Acumulado Porcentaje de Germinación | 0% | 4% | 6% | 9% | 16% | 18% | 18% | 18% | 18% | 21% | 21% | 21% | 21% | 21% | 21% | 21% | 22% | 22% | 22% | 22% | 22% | 22% |
| Promedio Diario de Crecimiento Radicular | 0,00 | 0,02 | 0,25 | 1,18 | 1,71 | 2,15 | 2,95 | 1,84 | 2,02 | 2,55 | 3,22 | 3,56 | 4,01 | 2,08 | 2,26 | 2,54 | 2,71 | 2,77 | 2,92 | 3,00 | 3,17 | 3,37 |
| Velocidad de Germinación | 0,00 | 0,38 | 0,58 | 0,73 | 1,13 | 1,14 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,28 | 1,28 | 1,28 | 1,28 | 1,28 | 1,28 |

Anexo I Tabla Capacidad Germinativa Molle placa Petri

| Molle Placa Petri | | |
|-------------------|-------------|-----------------------|
| N° de Dia | Tratamiento | Capacidad Germinativa |
| 1 | T0 | 0 |
| 2 | T0 | 1 |
| 3 | T0 | 0 |
| 4 | T0 | 6 |
| 5 | T0 | 1 |
| 6 | T0 | 1 |
| 7 | T0 | 0 |
| 8 | T0 | 0 |
| 9 | T0 | 0 |
| 10 | T0 | 0 |
| 11 | T0 | 1 |
| 12 | T0 | 0 |
| 13 | T0 | 0 |
| 14 | T0 | 0 |
| 15 | T0 | 0 |
| 16 | T0 | 0 |
| 17 | T0 | 0 |
| 18 | T0 | 0 |
| 19 | T0 | 0 |
| 20 | T0 | 0 |
| 21 | T0 | 0 |
| 22 | T0 | 0 |
| 1 | T1 | 2 |
| 2 | T1 | 3 |
| 3 | T1 | 2 |
| 4 | T1 | 7 |
| 5 | T1 | 0 |
| 6 | T1 | 1 |
| 7 | T1 | 0 |
| 8 | T1 | 0 |
| 9 | T1 | 0 |
| 10 | T1 | 0 |
| 11 | T1 | 0 |
| 12 | T1 | 0 |
| 13 | T1 | 0 |
| 14 | T1 | 0 |
| 15 | T1 | 0 |
| 16 | T1 | 0 |
| 17 | T1 | 0 |
| 18 | T1 | 0 |
| 19 | T1 | 0 |
| 20 | T1 | 0 |
| 21 | T1 | 0 |
| 22 | T1 | 0 |
| 1 | T2 | 0 |
| 2 | T2 | 3 |
| 3 | T2 | 2 |
| 4 | T2 | 2 |
| 5 | T2 | 6 |
| 6 | T2 | 1 |
| 7 | T2 | 0 |
| 8 | T2 | 0 |
| 9 | T2 | 0 |
| 10 | T2 | 2 |
| 11 | T2 | 0 |
| 12 | T2 | 0 |
| 13 | T2 | 0 |
| 14 | T2 | 0 |
| 15 | T2 | 0 |
| 16 | T2 | 0 |
| 17 | T2 | 1 |
| 18 | T2 | 0 |
| 19 | T2 | 0 |
| 20 | T2 | 0 |
| 21 | T2 | 0 |
| 22 | T2 | 0 |

Anexo J Tabla Resumen T0 Maitén almaciguera

| T0 Maitén Almaciguera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Capacidad germinativa | 7 | 0 | 0 | 1 | 13 | 2 | 10 | 0 | 4 | 2 | 4 | 5 | 0 | 10 | 0 | 0 | 14 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 |
| Acumulado Capaciada Germinativa | 7 | 7 | 7 | 8 | 21 | 23 | 33 | 33 | 37 | 39 | 43 | 48 | 48 | 58 | 58 | 58 | 72 | 75 | 75 | 75 | 76 | 76 | 81 | 81 |
| Total semillas sin hongos | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 140 | 141 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 137 | 131 | 131 | 130 | 126 | 125 | 122 | 122 |
| Porcentaje de germinación | 5% | 0% | 0% | 1% | 9% | 1% | 7% | 0% | 3% | 1% | 3% | 4% | 0% | 7% | 0% | 0% | 10% | 2% | 0% | 0% | 1% | 0% | 4% | 0% |
| Acumulado Porcentaje de Germinación | 5% | 5% | 5% | 6% | 15% | 16% | 23% | 23% | 26% | 27% | 30% | 34% | 34% | 41% | 41% | 41% | 51% | 53% | 53% | 53% | 54% | 54% | 58% | 58% |
| Promedio Diario de Crecimiento Radicular | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,32 | 0,38 | 0,61 | 0,64 | 0,76 | 0,92 | 1,06 | 1,23 | 1,24 | 1,38 | 1,38 | 1,38 | 1,86 | 2,03 | 2,09 | 2,17 | 2,35 | 2,50 | 2,97 | 2,97 |
| Velocidad de Germinación | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,26 | 0,59 | 0,64 | 0,86 | 0,86 | 0,94 | 0,97 | 1,04 | 1,13 | 0,92 | 1,28 | 0,94 | 0,94 | 1,48 | 1,55 | 1,55 | 1,55 | 1,00 | 1,00 | 1,60 | 1,01 |

Anexo K Tabla Resumen T1 Maitén almaciguera

| T1 Maitén Almaciguera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Capacidad germinativa | 12 | 0 | 0 | 0 | 16 | 3 | 19 | 2 | 2 | 3 | 0 | 4 | 0 | 5 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 7 | 0 |
| Acumulativo Capaciada Germinativa | 12 | 12 | 12 | 12 | 28 | 31 | 50 | 52 | 54 | 57 | 57 | 61 | 61 | 66 | 66 | 66 | 75 | 76 | 76 | 76 | 79 | 79 | 86 | 86 |
| Total semillas sin hongos | 144 | 144 | 144 | 144 | 143 | 143 | 143 | 143 | 141 | 141 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 138 | 136 | 136 | 136 | 136 | 135 | 134 | 133 |
| Porcentaje de germinación | 8% | 0% | 0% | 0% | 11% | 2% | 13% | 1% | 1% | 2% | 0% | 3% | 0% | 4% | 0% | 0% | 7% | 1% | 0% | 0% | 2% | 0% | 5% | 0% |
| Acumulativo Porcentaje de Germinación | 8% | 8% | 8% | 8% | 20% | 22% | 35% | 36% | 38% | 40% | 40% | 43% | 43% | 46% | 46% | 46% | 53% | 54% | 54% | 54% | 56% | 56% | 61% | 61% |
| Promedio Diario de Crecimiento Radicular | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,53 | 0,65 | 1,00 | 1,09 | 1,36 | 1,55 | 1,72 | 1,91 | 1,91 | 2,06 | 2,06 | 2,06 | 2,42 | 2,53 | 2,56 | 2,62 | 2,69 | 2,80 | 2,95 | 3,11 |
| Velocidad de Germinación | 0,400 | 0,400 | 0,400 | 0,400 | 0,810 | 0,883 | 1,296 | 1,338 | 1,377 | 1,432 | 1,432 | 1,499 | 1,499 | 1,575 | 1,575 | 1,575 | 1,700 | 1,714 | 1,714 | 1,714 | 1,750 | 1,750 | 1,830 | 1,830 |

Anexo L Tabla Resumen T2 Maitén almaciguera

| T2 Maitén Almaciguera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Capacidad germinativa | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 10 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 6 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| Acumulativo Capaciada Germinativa | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 15 | 25 | 25 | 25 | 27 | 29 | 31 | 31 | 37 | 37 | 37 | 41 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 46 | 46 |
| Total semillas sin hongos | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 142 | 142 | 141 | 140 | 134 | 134 | 134 | 133 | 133 | 133 | 128 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 113 | 113 |
| Porcentaje de germinación | 3% | 0% | 0% | 0% | 0% | 8% | 7% | 0% | 0% | 1% | 1% | 1% | 0% | 5% | 0% | 0% | 3% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 4% | 0% |
| Acumulativo Porcentaje de Germinación | 3% | 3% | 3% | 3% | 3% | 10% | 17% | 17% | 17% | 19% | 20% | 22% | 22% | 26% | 26% | 26% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% | 34% | 34% |
| Promedio Diario de Crecimiento Radicular | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,20 | 0,34 | 0,34 | 0,45 | 0,47 | 0,59 | 0,62 | 0,62 | 0,76 | 0,76 | 0,77 | 0,83 | 0,77 | 0,77 | 0,77 | 0,78 | 0,86 | 0,94 | 0,92 |
| Velocidad de Germinación | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,133 | 0,402 | 0,619 | 0,619 | 0,619 | 0,655 | 0,690 | 0,723 | 0,723 | 0,816 | 0,816 | 0,816 | 0,871 | 0,885 | 0,885 | 0,885 | 0,885 | 0,885 | 0,930 | 0,930 |

Anexo M Tabla Capacidad Germinativa Maitén Almaciguera

| Maitén Almaciguera | | |
|--------------------|-------------|-----------------------|
| N° de Día | Tratamiento | Capacidad Germinativa |
| 1 | T0 | 7 |
| 2 | T0 | 0 |
| 3 | T0 | 0 |
| 4 | T0 | 1 |
| 5 | T0 | 13 |
| 6 | T0 | 2 |
| 7 | T0 | 10 |
| 8 | T0 | 0 |
| 9 | T0 | 4 |
| 10 | T0 | 2 |
| 11 | T0 | 4 |
| 12 | T0 | 5 |
| 13 | T0 | 0 |
| 14 | T0 | 10 |
| 15 | T0 | 0 |
| 16 | T0 | 0 |
| 17 | T0 | 14 |
| 18 | T0 | 3 |
| 19 | T0 | 0 |
| 20 | T0 | 0 |
| 21 | T0 | 1 |
| 22 | T0 | 0 |
| 23 | T0 | 5 |
| 24 | T0 | 0 |
| 1 | T1 | 12 |
| 2 | T1 | 0 |
| 3 | T1 | 0 |
| 4 | T1 | 0 |
| 5 | T1 | 16 |
| 6 | T1 | 3 |
| 7 | T1 | 19 |
| 8 | T1 | 2 |
| 9 | T1 | 2 |
| 10 | T1 | 3 |
| 11 | T1 | 0 |
| 12 | T1 | 4 |
| 13 | T1 | 0 |
| 14 | T1 | 5 |
| 15 | T1 | 0 |
| 16 | T1 | 0 |
| 17 | T1 | 9 |
| 18 | T1 | 1 |
| 19 | T1 | 0 |
| 20 | T1 | 0 |
| 21 | T1 | 3 |
| 22 | T1 | 0 |
| 23 | T1 | 7 |
| 24 | T1 | 0 |
| 1 | T2 | 4 |
| 2 | T2 | 0 |
| 3 | T2 | 0 |
| 4 | T2 | 0 |
| 5 | T2 | 0 |
| 6 | T2 | 11 |
| 7 | T2 | 10 |
| 8 | T2 | 0 |
| 9 | T2 | 0 |
| 10 | T2 | 2 |
| 11 | T2 | 2 |
| 12 | T2 | 2 |
| 13 | T2 | 0 |
| 14 | T2 | 6 |
| 15 | T2 | 0 |
| 16 | T2 | 0 |
| 17 | T2 | 4 |
| 18 | T2 | 1 |
| 19 | T2 | 0 |
| 20 | T2 | 0 |
| 21 | T2 | 0 |
| 22 | T2 | 0 |
| 23 | T2 | 4 |
| 24 | T2 | 0 |

Anexo N Tabla Resumen T0 Molle almaciguera

| T0 Molle Almaciguera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Capacidad germinativa | 4 | 13 | 0 | 0 | 0 | 8 | 2 | 0 | 2 | 4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Acumulado Capaciada Germinativa | 4 | 17 | 17 | 17 | 17 | 25 | 27 | 27 | 29 | 33 | 34 | 35 | 35 | 36 | 36 | 36 | 38 | 39 | 39 | 40 | 40 | 40 | 41 | 41 |
| Total semillas sin hongos | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 142 | 142 | 142 | 139 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 136 | 134 |
| Porcentaje de germinación | 3% | 9% | 0% | 0% | 0% | 6% | 1% | 0% | 1% | 3% | 1% | 1% | 0% | 1% | 0% | 0% | 1% | 1% | 0% | 1% | 0% | 0% | 1% | 0% |
| Acumulado Porcentaje de Germinación | 3% | 12% | 12% | 12% | 12% | 17% | 19% | 19% | 20% | 23% | 24% | 24% | 24% | 25% | 25% | 25% | 26% | 27% | 27% | 28% | 28% | 28% | 29% | 29% |
| Promedio Diario de Crecimiento Radicular | 0,10 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,87 | 1,02 | 1,02 | 1,12 | 1,21 | 1,29 | 1,33 | 1,34 | 1,35 | 1,35 | 1,37 | 1,44 | 1,46 | 1,46 | 1,54 | 1,57 | 1,61 | 1,63 | 1,65 |
| Velocidad de Germinación | 0,133 | 0,540 | 0,540 | 0,540 | 0,540 | 0,735 | 0,778 | 0,778 | 0,817 | 0,890 | 0,907 | 0,924 | 0,924 | 0,939 | 0,939 | 0,939 | 0,967 | 0,984 | 0,984 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 1,008 | 1,008 |

Anexo O Tabla Resumen T1 Molle almaciguera

| T1 Molle Almaciguera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Capacidad germinativa | 16 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 4 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Acumulado Capaciada Germinativa | 16 | 16 | 16 | 16 | 17 | 19 | 23 | 23 | 26 | 27 | 28 | 29 | 29 | 31 | 31 | 31 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 36 | 36 | 37 |
| Total semillas sin hongos | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 142 | 142 | 142 | 142 | 141 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 |
| Porcentaje de germinación | 11% | 0% | 0% | 0% | 1% | 1% | 3% | 0% | 2% | 1% | 1% | 1% | 0% | 1% | 0% | 0% | 3% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% | 0% | 1% |
| Acumulado Porcentaje de Germinación | 11% | 11% | 11% | 11% | 12% | 13% | 16% | 16% | 18% | 19% | 19% | 20% | 20% | 22% | 22% | 22% | 24% | 24% | 24% | 24% | 24% | 25% | 25% | 26% |
| Promedio Diario de Crecimiento Radicular | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,49 | 0,64 | 0,74 | 0,86 | 0,88 | 0,97 | 1,08 | 1,11 | 1,12 | 1,13 | 1,20 | 1,17 | 1,21 | 1,29 | 1,32 | 1,32 | 1,32 | 1,38 | 1,41 | 1,55 | 1,54 |
| Velocidad de Germinación | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,533 | 0,559 | 0,608 | 0,695 | 0,695 | 0,754 | 0,772 | 0,789 | 0,806 | 0,806 | 0,836 | 0,836 | 0,836 | 0,892 | 0,892 | 0,892 | 0,892 | 0,892 | 0,904 | 0,904 | 0,915 |

Anexo P Tabla Resumen T2 Molle almaciguera

| T2 Molle Almaciguera | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Día | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Capacidad germinativa | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Acumulado Capaciada Germinativa | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 18 | 20 | 20 | 20 | 21 | 24 | 25 | 25 | 26 | 26 | 26 | 29 | 29 | 30 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| Total semillas sin hongos | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 143 | 141 | 141 | 140 | 140 | 140 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 132 | 132 |
| Porcentaje de germinación | 12% | 0% | 0% | 0% | 0% | 1% | 1% | 0% | 0% | 1% | 2% | 1% | 0% | 1% | 0% | 0% | 2% | 0% | 1% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Acumulado Porcentaje de Germinación | 12% | 12% | 12% | 12% | 12% | 13% | 14% | 14% | 14% | 15% | 17% | 17% | 17% | 18% | 18% | 18% | 20% | 20% | 21% | 22% | 22% | 22% | 22% | 22% |
| Promedio Diario de Crecimiento Radicular | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,83 | 0,86 | 0,88 | 0,92 | 0,92 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,09 | 1,12 | 1,14 | 1,19 | 1,22 | 1,27 | 1,18 | 1,22 |
| Velocidad de Germinación | 0,567 | 0,567 | 0,567 | 0,567 | 0,567 | 0,591 | 0,635 | 0,635 | 0,635 | 0,653 | 0,704 | 0,721 | 0,721 | 0,736 | 0,736 | 0,736 | 0,778 | 0,778 | 0,791 | 0,804 | 0,804 | 0,804 | 0,804 | 0,804 |

Anexo Q Tabla Capacidad Germinativa Molle Almaciguera

| Maitén Almaciguera | | |
|--------------------|-------------|-----------------------|
| Nº de Día | Tratamiento | Capacidad Germinativa |
| 1 | T0 | 7 |
| 2 | T0 | 0 |
| 3 | T0 | 0 |
| 4 | T0 | 1 |
| 5 | T0 | 13 |
| 6 | T0 | 2 |
| 7 | T0 | 10 |
| 8 | T0 | 0 |
| 9 | T0 | 4 |
| 10 | T0 | 2 |
| 11 | T0 | 4 |
| 12 | T0 | 5 |
| 13 | T0 | 0 |
| 14 | T0 | 10 |
| 15 | T0 | 0 |
| 16 | T0 | 0 |
| 17 | T0 | 14 |
| 18 | T0 | 3 |
| 19 | T0 | 0 |
| 20 | T0 | 0 |
| 21 | T0 | 1 |
| 22 | T0 | 0 |
| 23 | T0 | 5 |
| 24 | T0 | 0 |
| 1 | T1 | 12 |
| 2 | T1 | 0 |
| 3 | T1 | 0 |
| 4 | T1 | 0 |
| 5 | T1 | 16 |
| 6 | T1 | 3 |
| 7 | T1 | 19 |
| 8 | T1 | 2 |
| 9 | T1 | 2 |
| 10 | T1 | 3 |
| 11 | T1 | 0 |
| 12 | T1 | 4 |
| 13 | T1 | 0 |
| 14 | T1 | 5 |
| 15 | T1 | 0 |
| 16 | T1 | 0 |
| 17 | T1 | 9 |
| 18 | T1 | 1 |
| 19 | T1 | 0 |
| 20 | T1 | 0 |
| 21 | T1 | 3 |
| 22 | T1 | 0 |
| 23 | T1 | 7 |
| 24 | T1 | 0 |
| 1 | T2 | 4 |
| 2 | T2 | 0 |
| 3 | T2 | 0 |
| 4 | T2 | 0 |
| 5 | T2 | 0 |
| 6 | T2 | 11 |
| 7 | T2 | 10 |
| 8 | T2 | 0 |
| 9 | T2 | 0 |
| 10 | T2 | 2 |
| 11 | T2 | 2 |
| 12 | T2 | 2 |
| 13 | T2 | 0 |
| 14 | T2 | 6 |
| 15 | T2 | 0 |
| 16 | T2 | 0 |
| 17 | T2 | 4 |
| 18 | T2 | 1 |
| 19 | T2 | 0 |
| 20 | T2 | 0 |
| 21 | T2 | 0 |
| 22 | T2 | 0 |
| 23 | T2 | 4 |
| 24 | T2 | 0 |