



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

**EVALUACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD EN PLÁNTULAS  
DE *Eucalyptus globulus* EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN  
LA ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA INIAP**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar a grado académico de

**INGENIERO FORESTAL**

**AUTOR:**

**BYRON DAVID YUCAILLA GUAYLLA**

**DIRECTOR:** Ing. CARLOS FRANSISCO CARPIO COBO MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

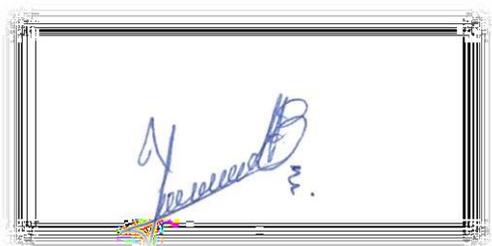
**©2022, Byron David Yucailla Guaylla**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca Derecho de Autor.

Yo, Byron David Yucailla Guaylla, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 09 de febrero 2022



**Byron David Yucailla Guaylla**

**060541037-2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA INGENIERÍA FORESTAL**

El Tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular: Tipo proyecto de investigación, **EVALUACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD EN PLÁNTULAS DE *Eucalyptus globulus* EN CONDICIONES DE INVERNADERO**, realizado por el señor: **BYRON DAVID YUCAILLA GUAYLLA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Miguel Angel Gualpa Calva. MSc.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**MIGUEL ANGEL  
GUALPA CALVA**

2022-02-09

Ing. Carlos Francisco Carpio Coba MSc  
**DIRECTOR DE INTEGRACION  
CURRICULAR**



Firmado electrónicamente por:  
**CARLOS  
FRANCISCO  
CARIO COBA**

2022-02-09

Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda. MsC.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**EDUARDO PATRICIO  
SALAZAR CASTANEDA**

2022-02-09

## DEDICATORIA

A Dios, por bendecirme la vida, la salud, por mi proceso estudiantil, que he llegado a alcanzar un gran sueño. A mi madre, Rosario Guaylla Mendoza, quien estuvo en todas mis etapas de mi vida y supo confiar en mí, me dio todas las fuerzas necesarias para poder culminar la universidad, es una mujer luchadora, lo demuestra con su trabajo, consejos y amor incondicional, gracias a mi madre he salido adelante. A mi familia, mi abuelita, mi padre, mis hermanos y primos; en especial a Juanita, Samuel y Alejandro Yungan, a cada uno de ustedes por estar pendiente de mí, en los momentos difíciles, por los consejos, palabras de aliento y las fuerzas que me brindaron, para no desanimarme. A mis mejores amigos Henry, Vicente, Kiabeth y Katty, por convertirse en mi familia, en todo el proceso académico y social, por momentos de tristezas y risas, por ser el motivo para no rendirme en esta larga travesía.

Byron

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida, la sabiduría y la fuerza, ya que ha sido una travesía llena de retos en la cual me ha ayudado a madurar y doy por cumplido una meta más, pero a la vez el inicio de una nueva etapa de vida. A mis queridos padres, Fernando Yucailla y Rosario Guaylla, por su apoyo incondicional, han sido el pilar fundamental de mi vida, quienes me han enseñado los valores de una persona correcta, agradeciéndoles por la paciencia y estima. A mi tribunal, Ing. Carlos Carpio e Ing. Eduardo Salazar quienes han compartido sus conocimientos y con mucha paciencia me han ayudado a concluir este trabajo de investigación.

Mi gratitud a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, autoridades y docentes, por ser mi alma mater; quienes me han dado la oportunidad de crecer profesionalmente.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de la Estación Experimental Santa Catalina, en especial al Departamento de Manejo de Suelos y Aguas, a los Técnicos: Ingenieros Rafael Parra, Mónica Angamarca, Nataly Santourum; por la ayuda y la capacitación durante la realización del experimento. A mis compañeros de tesis: Karen, Marshury, María del Mar, Bryan, Daniel, Andrés y Juan.

Al Dr. Yamil Cartagena, cotutor, por darme la oportunidad de desarrollar esta investigación brindar su tiempo y haber guiado en el desarrollo del presente trabajo

Byron

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPITULO I

<b>1. MARCO TEORICO REFERENCIAL.....</b>	<b>5</b>
1.1.1. <i>Distribución en Ecuador</i> .....	5
1.1.2. <i>Clasificación taxonómica</i> .....	5
1.1.3. <i>Descripción botánica</i> .....	6
1.1.3.1. <i>Árbol</i> .....	6
1.1.3.2. <i>Hojas</i> .....	6
1.1.3.3. <i>Flores</i> .....	6
1.1.3.4. <i>Fruto</i> .....	6
1.1.3.5. <i>Semillas</i> .....	6
1.2. <b>Características climáticas y edáficas del <i>E. globulus</i></b> .....	<b>7</b>
1.3. <b>Viveros forestales</b> .....	<b>7</b>
1.4. <b>Nutrición de las plantas</b> .....	<b>7</b>
1.5. <b>Elementos esenciales</b> .....	<b>8</b>
1.5.1. <i>Funciones y síntomas de deficiencia de los elementos esenciales</i> .....	8
1.5.1.1. <i>Nitrógeno</i> .....	8
1.5.1.2. <i>Fosforo</i> .....	9
1.5.1.3. <i>Potasio</i> .....	9
1.5.1.4. <i>Calcio</i> .....	10
1.5.1.5. <i>Magnesio</i> .....	10
1.5.1.6. <i>Azufre</i> .....	10
1.5.1.7. <i>Hierro (Fe)</i> .....	11
1.5.1.8. <i>Manganeso (Mn)</i> .....	11

1.5.1.9.	<i>Zinc (Zn)</i> .....	11
1.5.1.10.	<i>Cobre (Cu)</i> .....	12
1.5.1.11.	<i>Boro (B)</i> .....	12
1.5.1.12.	<i>Molibdeno (Mo)</i> .....	12
1.6.	<b>Nutrición en plantaciones de eucalipto (<i>E. globulus</i>)</b> .....	13
1.7.	<b>Soluciones nutritivas</b> .....	13
1.7.1.	<i>El pH de la solución nutritiva</i> .....	16
1.7.2.	<i>Conductividad eléctrica</i> .....	14
1.7.3.	<i>Temperatura</i> .....	14
1.7.4.	<i>Sustratos</i> .....	15
1.8.	<b>Técnica del elemento faltante</b> .....	15

## CAPITULO II

2.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	17
2.1.	<b>Materiales</b> .....	17
2.1.1.	<i>Material biológico</i> .....	17
2.1.2.	<i>Materiales y equipos para invernadero</i> .....	17
2.1.3.	<i>Materiales y equipos para laboratorio</i> .....	17
2.1.3.1.	<i>Reactivos</i> .....	18
2.1.4.	<i>Materiales y equipos de Oficina</i> .....	18
2.1.5.	<i>Insumos agrícolas</i> .....	18
2.2.	<b>Metodología</b> .....	19
2.2.1.	<i>Características del sitio experimental</i> .....	19
2.2.1.1.	<i>Ubicación</i> .....	19
2.2.1.2.	<i>Características climáticas</i> .....	19
2.3.	<b>Preparación de soluciones madres</b> .....	20
2.3.1.	<i>Solución nutritiva</i> .....	20
2.3.2.	<i>Preparación de solución nutritiva según tratamiento</i> .....	21
2.3.2.1.	<i>Solución completa</i> .....	21
2.3.2.2.	<i>Tratamientos de omisión</i> .....	21
2.3.3.	<i>Manejo específico del experimento</i> .....	22
2.3.4.	<i>Factor en estudio.</i> .....	23
2.3.5.	<i>Unidad Experimental</i> .....	23

2.3.6.	<i>Tratamientos</i> .....	23
2.3.7.	<i>Diseño experimental</i> .....	24
2.4.	<b>Manejo específico del experimento y métodos de evaluación</b> .....	25
2.4.1.	<i>Determinar la calidad de planta de eucalipto (E. globulus), a través de los cálculos de índices cualitativos, con las siguientes variables</i> .....	25
2.4.1.1.	<i>Variables y métodos de evaluación</i> .....	25
2.4.2.	<i>Determinar el efecto del elemento faltante en la producción de biomasa en la fase vegetativa, se realizó lo siguiente:</i> .....	27
2.4.2.1.	<i>Fase de campo</i> .....	27
2.4.2.2.	<i>Fase de Laboratorio</i> .....	28
2.4.3.	<i>Identificar los síntomas visuales por deficiencia de macro elementos (N, P, K, Ca, Mg y S) en plantas de eucalipto)</i> .....	28
2.4.3.1.	<i>Fase de laboratorio</i> .....	28
2.4.3.2.	<i>Fase de campo</i> .....	28
2.4.3.3.	<i>Diagnostico visual de los síntomas</i> .....	29
2.5.	<b>Análisis funcional</b> .....	29

### CAPITULO III

3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	30
3.1.	<b>La calidad de planta de eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>), a través del cálculo de índices cualitativos producidas bajo invernadero</b> .....	30
3.1.1.	<i>Índice de robustez</i> .....	30
3.1.2.	<i>Relación de la Biomasa aérea/Biomasa raíz</i> .....	31
3.1.3.	<i>Índice de calidad de Dickson</i> .....	32
3.1.4.	<i>Clorofila</i> .....	34
3.1.4.1.	<i>Clorofila en plántulas de eucalipto a los 120 días</i> .....	35
3.1.5.	<i>Color</i> .....	37
3.2.	<b>Efecto de la omisión de nutrientes en la producción de biomasa en la fase vegetativa</b> .....	37
3.2.1.	<i>Síntomas visuales de deficiencias nutricionales</i> .....	37
3.2.1.1.	<i>Nitrogeno</i> .....	
3.2.1.2.	<i>Potasio</i> .....	38
3.2.1.3.	<i>Azufre</i> .....	38
3.2.1.4.	<i>Testigo absoluto</i> .....	39

<b>CONCLUSIONES</b> .....	40
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	41
<b>GLOSARIO</b>	
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Características climáticas y edafológicas óptimas para la especie <i>E. globulus</i> .....	7
<b>Tabla 2-1:</b>	Soluciones nutritivas propuestas por diferentes autores .....	14
<b>Tabla 1-2:</b>	Ubicación del experimento, Estación Experimental Santa Catalina, Pichincha ...	19
<b>Tabla 2-2:</b>	Características climáticas del invernadero. Estación Experimental Santa Catalina, Pichincha.....	19
<b>Tabla 3-2:</b>	Solución madre (1M) para los macro elementos, para la evaluación de los Índices de calidad en plántulas de <i>Eucalyptus globulus</i> , en condiciones de invernadero.	20
<b>Tabla 4-2:</b>	Concentración de los nutrientes en la solución nutritiva utilizada.....	21
<b>Tabla 5-2:</b>	Elementos y cantidades para preparar las soluciones nutritivas, para la evaluación de los Índices de calidad en plántulas de eucalipto ( <i>E. globulus</i> ).....	22
<b>Tabla 6-2:</b>	Tratamientos del elemento faltante. ....	23
<b>Tabla 7-2:</b>	Tratamientos del elemento faltante de macro nutrientes, para la evaluación de los índices de calidad en plántulas de eucalipto ( <i>E. globulus</i> ) .....	24
<b>Tabla 8-2:</b>	Esquema del análisis de la varianza (ADEVA), para la evaluación de los índices de calidad en plántulas de eucalipto ( <i>E. globulus</i> ), en condiciones de invernadero.	24
<b>Tabla 9-2:</b>	Índice de calidad de Dickson, para la evaluación de los índices de calidad en plántulas de <i>Eucalyptus globulus</i> , en condiciones de invernadero. ....	27
<b>Tabla 10-2:</b>	Evaluación visual por tratamiento, para la evaluación de los índices de calidad en plántulas de eucalipto ( <i>E. globulus</i> ), en condiciones de invernadero. ....	29
<b>Tabla 1-3:</b>	Análisis de varianza para la variable índice de robustez a los 120 días después del trasplante.....	30
<b>Tabla 2-3:</b>	Relación de Biomasa aérea/Biomasa raíz, en la evaluación de los índices de calidad en plántulas de eucalipto ( <i>E. globulus</i> ), Pichincha 2021 .....	31
<b>Tabla 3-3:</b>	Análisis de varianza para la variable Índice de calidad de Dickson, en la evaluación de los índices de calidad en plántulas de eucalipto ( <i>E. globulus</i> ), Pichincha 2021. ....	33
<b>Tabla 4-3:</b>	Análisis de varianza para la variable clorofila, en la evaluación de los índices de calidad en plántulas de eucalipto ( <i>Eucalyptus globulus</i> ), Pichincha 2021.....	34
<b>Tabla 5-3:</b>	Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis al 5% para la variable color.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-3:</b>	Deficiencia de nitrógeno, clorosis ligera en toda la planta.....	38
<b>Figura 2-3:</b>	Deficiencia de potasio, amarillamiento en los bordes de la hoja.....	38
<b>Figura 3-3:</b>	Deficiencia de azufre, enrojecimiento en la yema apical de la planta.....	39
<b>Figura 4-3:</b>	Testigo absoluto, deficiencias nutricionales .....	39

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Prueba de Tukey al 5% de la Relación Biomasa aérea/Biomasa raíz.....	32
<b>Gráfico 2-3:</b> Prueba de Tukey al 5% del Índice de calidad de Dickson a los 120 días .....	33
<b>Gráfico 3-3:</b> Prueba de Tukey al 5% de Clorofila en plantas de eucalipto a los 90 días .....	35
<b>Gráfico 4-3:</b> Prueba de Tukey al 5% de Clorofila en plantas de eucalipto a 120 días.....	36

## ÍNDICE DE ANEXOS

**ANEXO A:** FASE FENOLÓGICA DEL EUCALIPTO.

**ANEXO B:** PARA CALCULAR EL PESO EQUIVALENTE, SE UTILIZÓ LOS PESOS ATÓMICOS Y VALENCIA DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO

**ANEXO C:** PESO EQUIVALENTE DE LOS ELEMENTOS ESENCIALES

**ANEXO D:** PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN MADRE Y ALÍCUOTA

**ANEXO E:** PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN MADRE

**ANEXO F:** PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA LA OMISIÓN DE NUTRIENTES

**ANEXO G:** MEDICIÓN DE VARIABLES DASONÓMICAS DE LA ESPECIE *Eucalyptus Globulus*

**ANEXO H:** ESPORA DEL HONGO *alternaria sp.*

**ANEXO I:** HONGO *Epicoccum sp.*

**ANEXO J:** HONGO *Ulocladium sp.*

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar los índices de calidad en plántulas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), en condiciones de invernadero en la Estación Experimental Santa Catalina INIAP. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA). La evaluación de la planta se realizó con variables morfológicas: altura (h), diámetro a la altura del cuello (DAC), Índice de Robustez (IR), relación entre Biomasa aérea/Biomasa raíz (RAR), Índice de calidad de Dickson (ICD), clorofila, color y descripción visual de los síntomas. Los factores en estudio fueron seis tratamientos con ausencia inducida en la solución de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), así como dos tratamientos testigos, uno con fertilización completa (FC) y otro con agua únicamente (TA). La fertilización mediante la técnica del elemento faltante en invernadero influyó en la calidad de las plantas. De acuerdo a los resultados obtenidos, en el índice de calidad de Dickson las plantas de mejor calidad fue el tratamiento T1 (Fertilización completa) con una media de 0,70; mientras que la relación Biomasa aérea/Biomasa raíz el tratamiento T1 (Fertilización completa) se registró una media de 4,86 g siendo el mejor y en el índice de robustez no presentó significancia entre tratamientos y repeticiones. En la variable clorofila y color el mejor tratamiento fue T1 con valores de 38,39 unidades SPAD y 36,82; respectivamente. Es importante inducir nutrientes en plántulas de especies forestales, para garantizar la obtención de plántulas vigorosas y fuertes necesarias para el establecimiento de plantaciones comerciales.

**Palabras clave:** <ÍNDICE DE ROBUSTEZ>, <ÍNDICE DE CALIDAD DE DICKSON>, <BIOMASA DE LA PLANTA>, <PLANTULAS>. <FERTILIZACIÓN>.



Firmado electrónicamente por:

CRISTHIAN FERNANDO  
CASTILLO RUIZ



0427-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the quality indexes in eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) seedlings under greenhouse conditions at Santa Catalina INIAP Experimental Station. A randomized complete block experimental design (RCBD) was used. Plant evaluation was carried out with morphological variables: height (h), diameter at collar height (DAC), hardness index (IR), aerial biomass/root biomass ratio (RAR), Dickson's quality index (DQI), chlorophyll, color and visual description of symptoms. The factors under study were six treatments with induced absence in the solution of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg), as well as two control treatments, one with complete fertilization (FC) and the other with water only (TA). Fertilization using the missing element technique in the greenhouse influenced plant quality. According to the obtained results, in the Dickson quality index, the best quality plants were those of treatment T1 (complete fertilization) with a mean of 0.70; while in the aerial biomass/root biomass ratio, treatment T1 (complete fertilization) had a mean of 4.86 g, being the best, and in the robustness index there was no significance between treatments and replications. In the chlorophyll and color variables, the best treatment was T1 with values of 38.39 SPAD units and 36.82, respectively. It is important to induce nutrients in seedlings of forest species, to guarantee the obtaining of vigorous and strong seedlings necessary for the establishment of commercial plantations.

**Key words:** <RUSTFULNESS INDEX>, <DICKSON QUALITY INDEX>, <PLANT BIOMASS>, <SEEDBEDS>. <FERTILIZATION>.



Firmado electrónicamente por:

**ELSA  
AMALIA  
BASANTES  
ARIAS**

## INTRODUCCIÓN

El eucalipto (*Eucalyptus globulus*) pertenece a la familia Myrtaceae, es un árbol nativo de Tasmania y Australia (Bush y Walker 2011, p. 10). Históricamente en las comunidades de zonas andinas de América del Sur utilizan las hojas del árbol como medicina ancestral y en la industrialización su madera presenta múltiples usos en las plantaciones forestales para la elaboración de postes, pulpa de papel, biomasa, chapas y leña (Pérez Cruzado et al., 2015, p. 29).

(Cartes, 2010: p. 299), manifiesta que los principales países productores de eucalipto son: Australia 160000 ha y Chile 140000 ha, representando el 88% de plantación forestal, mientras que el 12% están distribuidas en: Sudáfrica, Nueva Zelanda y España (Omonte et al. 2019, p. 414). El Ecuador tiene dos especies de eucalipto como son: el *Eucalyptus globulus* y el *Eucalyptus urograndis*. Siendo el *Eucalyptus globulus* con el 80 % de las plantaciones, distribuidas en la región Sierra, en las provincias de Pichincha con 7743 ha (FORESTAL 2013, p. 11), en la parroquia Pifo 3600 ha (Arauz Herrera 2019, p. 7); mientras que en Cotopaxi no se dispone de información (Avilés Ramos 2019, p. 36).

Esta especie forestal se desarrolla en la Sierra ecuatoriana en alturas entre 2200 a 3300 m.s.n.m. con precipitaciones de 800 a 1500 mm anuales, se adapta en suelos franco arenosos y arcillosos, tolera muy bien las variaciones climáticas, considerando las temperaturas 10.8 a 16.8 °C, por lo general esta especie se encuentran en plantaciones monocultivo (Morales Pérez 2018, p. 14).

La calidad de la planta se considera como la capacidad que tienen para adaptarse y desarrollarse a las condiciones climáticas y edáficas del sitio, garantizando la obtención de plántulas vigorosas y fuertes, necesarias para el establecimiento de plantaciones comerciales con buenas características fenotípicas y genotípicas (Díaz Coronel et al., 2010, p. 14). (Domingo-Santos 2010, p. 19), considera que las características morfológicas y fisiológicas deben permitir tolerar muy bien las variaciones climáticas, que se logren con la aplicación de diversos tratamientos (Fertilización completa FC, -N, -P, -K, -Ca, -Mg y S) durante su producción en vivero. El sustrato (turba, fibra de coco, cascarilla de arroz y corteza de pino) interviene en el proceso de nutrición de la planta, clasificándola: químicamente inerte y activa, de estas obteniendo una retención de humedad, aireación y un drenaje ideal, favoreciendo el desarrollo de las raíces de las plantas, ayudando a corregir la acidez del suelo.

Los atributos morfológicos comúnmente más medidos para determinar la calidad de la planta son en relación con la altura, diámetro, relación diámetro/altura y características visuales de hojas o

acículas; mientras que para los atributos químicos se consideran la concentración de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S), (Ramos y Lombardi 2020, p. 134).

En este sentido se evaluó la omisión de macronutrientes (Valencia, Sampaio y Souza 2010, p. 1). Para mejorar la calidad de las plantas forestales en la etapa de vivero se aplicó una técnica que determina la deficiencia de nutrientes de forma visual en los tejidos vegetales que es la omisión de nutrientes, que se realizó cultivando plantas en contenedores pequeños en los cuales cada uno de los nutrientes evaluados se omitió en un tratamiento, pero todos los demás nutrientes se aplicaron en niveles adecuados en condición de invernadero (Hurtado, Currea y Lasprilla 2016, p. 42).

En la presente investigación, se evaluará y se describirá los indicadores de calidad de la planta del *Eucalyptus globulus*, se realizará la descripción de los síntomas de deficiencia de macronutrientes vinculados con el inicio de la visualización de los síntomas en condiciones de invernadero, debido a que en viveros forestales no existe estudios relacionados con la calidad de la planta e inicio de los síntomas de deficiencia de nutrientes asociados a sus concentraciones foliares y descripción de la evolución de los síntomas con imágenes.

## **PROBLEMA**

Décadas atrás, hablar de fertilización forestal se consideraba un sin sentido, pues los árboles debían (crecer solos) y (en suelos de vocación forestal), es decir, aquellos en los que no se podía realizar actividades agrícolas. El sentido común era que las plantaciones forestales se debían ocupar suelos pobres para dar espacio a cultivos agrícolas en los mejores terrenos, parecía ser aceptada por los especialistas forestales, tendencia que aún perdura en el Ecuador.

En la actualidad existen pocos viveros forestales que utilizan fertilizantes con aspersores manuales y cantidades inadecuadas de nutrientes para plantas. Esto causa pérdida de plantas por deficiencia nutrimentales o con tallas desproporcionadas por exceso de fertilización.

Ciertos viveros forestales locales no aplican fertilizantes debido a una escasa información o lo que es principalmente el desconocimiento de sus ventajas, patrones de liberación de nutrientes, su interacción con los medios de crecimiento, viéndose afectado al color, vigor y crecimiento de las plantas, como consecuencia existe un alto índice de mortalidad en especies forestales. Por lo general no existen información sobre el efecto de las deficiencias nutricionales en *Eucalyptus globulus*, en condición silvestre y en plantaciones nativas y exóticas; a nivel del país se desconoce los estudios de índices de calidad en plantas forestales, lo que es peor aún, es la poca información para evaluar y sacar un rango óptimo en calidad de plantas.

## **JUSTIFICACIÓN**

El *Eucalyptus globulus* es una especie exótica, que tiene mayor demanda para las empresas forestales siendo un árbol de rápido crecimiento y tolerante a un amplio rango de condiciones ambientales, con alto potencial comercial. Una de las desventajas que existe en el Ecuador es la escasa investigación en lo referente a indicadores de calidad de la planta y la nutrición del cultivo en las etapas de vivero que, posteriormente "en la plantación forestal" definitiva que puede producir alteraciones nutricionales que se manifiestan por deficiencia de macro y micro nutrientes, que afectan el desarrollo normal de las plantas y que son difíciles de subsanar.

En el presente estudio se evaluó los indicadores de calidad (índice de robustez, relación biomasa aérea/biomasa raíz y el índice de calidad de Dickson), y deficiencia nutricional de las plantas del eucalipto, una de las desventajas en el ámbito forestal es la escasa información sobre la calidad de plantas forestales en vivero; esta investigación, se realizó con el objetivo de ver la calidad de la planta y observar si tuvo problemas de desarrollo, ya que las plántulas fueron procedentes de la parroquia Machachi. Por lo tanto, es importante evaluar los atributos morfológicos y fisiológicos de la planta en condiciones de invernadero; para que la especie de *Eucalyptus globulus* tenga impacto positivo en la producción de plántulas, que ejerza un efecto directo en el crecimiento y en el metabolismo de la planta; de esta manera contribuir el conocimiento investigativo en los viveros forestales locales y mejorar la economía del productor forestal del país.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar los índices de calidad en plántulas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), en condiciones de invernadero en la Estación Experimental Santa Catalina INIAP.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar la calidad de planta de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), a través del cálculo de índices cualitativos producidas bajo invernadero.
- Determinar el efecto de la omisión de nutrientes en la producción de biomasa en la fase vegetativa.

- Identificar los síntomas visuales por deficiencia de macro elementos (N, P, K, Ca, Mg y S) en plantas de eucalipto.

## **HIPÓTESIS**

**H<sub>0</sub>:** La omisión de nutrientes, no afecta los índices de calidad en la fase vegetativa en las plántulas del eucalipto (*Eucalyptus globulus*) bajo invernadero.

**H<sub>a</sub>:** La evaluación de la omisión de nutrientes, si afecta los índices de calidad en la fase vegetativa en las plántulas (*Eucalyptus globulus*) bajo invernadero.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

#### 1.1. Origen del eucalipto (*Eucalyptus globulus*)

A nivel mundial es conocido el origen del eucalipto, Australia, describiéndose la flora arbórea australiana los tres géneros de eucaliptos: *Eucalyptus*, *Angophora* y *Corimbia* de la familia Myrtaceae. Existen más de 550 especies del género *Eucalyptus*, que se encuentra en bosques densos, plantaciones y bosques con espesura menor del 30%, que constituye los llamados "woodlands" (Serradilla 2000, p. 2).

##### 1.1.1. Distribución en Ecuador

En el Ecuador las especies forestales más plantadas en la sierra ecuatoriana es: *Eucalyptus* spp (50%) y *Pinus* spp (40%); la mayor plantación de eucalipto se encuentra en dos provincias: Pichincha y Cotopaxi, mientras que en las provincias de: Imbabura, Tungurahua, Chimborazo, Cañar, Bolívar y Azuay presentan una menor plantación (Politécnica, Ejército y Agropecuarias-iasa 2006, p. 15); el *E. globulus* es la especie predominante del país, se encuentra distribuido desde los 0 – 3.500 msnm, se da mejor a alturas entre 2.000 a 2.900 msnm (1).

##### 1.1.2. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del eucalipto se describe a continuación (García Villabrille 2015b, p. 4).

Reino:	Plantae
Nombre científico:	<i>Eucalyptus globulus</i>
Nombre común:	Eucalipto
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Myrtales
Familia:	Myrtaceae
Genero:	<i>Eucalyptus</i>
Especie:	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.

### **1.1.3. Descripción botánica**

#### **1.1.3.1. Árbol**

*Eucalyptus globulus* es un árbol esbelto, su corteza es blanquecina, gris-azulada o verdosa; es muy característica su facilidad para desprenderse del tronco, su altura alcanza a 20 m en un periodo de 8 años, mientras que en su periodo adulto alcanza los 60 m de altura y 1.50 m de diámetro (García Villabrille 2015a, p. 5).

#### **1.1.3.2. Hojas**

Las hojas juveniles son ovadas-lanceoladas, sésiles, con tonos verdes y glaucos, pueden llegar hasta unos 30 cm de largo. Las hojas adultas son alternas lanceoladas o ampliamente lanceoladas, de hasta 15 cm de largo y 3 cm de ancho, verdes por la haz y verdes pálidas por el envés, densamente reticuladas (Boom et al. 2018, p. 58).

#### **1.1.3.3. Flores**

Las flores son en forma de urna con los ángulos muy marcados, axilares, solitarias o en grupos de 2 – 3, con un diámetro de 3 cm, están formadas por ramilletes de estambres de color blanco (Darriba 2016a, pp. 25-26).

#### **1.1.3.4. Fruto**

Fruto es una cápsula pétreo de 10-15 mm, en forma de campana de color glauco, que se abre de forma apical por 3 a 5 valvas triangulares; con un diámetro de 1,4 a 2,4 cm (Darriba 2016b, p. 26).

#### **1.1.3.5. Semillas**

Las semillas de eucalipto (*E. globulus*) son capsulas pequeñas, que al madurar liberan inmediatamente sus semillas. Para la venta internacional exige un certificado fitosanitario extendido por la autoridad, que atestigüe que ha sido sometida a tratamientos contra plagas y agentes patógenos; aproximadamente 280,000 semillas pesan 1 kilogramo (Aguirre 2017, p. 25).

## 1.2. Características climáticas y edáficas del *E. globulus*.

Presenta una buena resistencia al frío y soporta veranos calurosos por lo que mediante sus raíces busca agua, a mucha distancia; vegeta bien en suelos ricos en materia orgánica, bien drenados es siendo más abundante en zonas húmedas, se detallan en la tabla 1-1:

**Tabla 1-1:** Características climáticas y edafológicas óptimas para la especie *E. globulus*.

Parámetros	Requerimientos
Temperatura optima	10,8 - 16,8 °C
Altitud	2,200 - 3,300 m.s.n.m.
Precipitación	800 – 1500 mm
Textura del suelo	franco arenosos - arcillosos o arenosos
pH óptimo	5 - 7
Drenaje	Bueno y no compactados

Fuente: (Aguirre 2017, p. 24).

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

## 1.3. Viveros forestales

Barceló (2016), considera al vivero forestal como un área de producción de plántulas de especies forestales provenientes de semillas, esquejes y material vegetativo, en este sitio ayudan a cultivar, germinar y madurar las diferentes especies de tipo forestal, cuando se consideren listos para ser trasplantados en áreas específicas para terminar su desarrollo, crecimiento.

## 1.4. Nutrición de las plantas

La nutrición vegetal ha impactado en los sistemas de cultivo, la sostenibilidad ambiental, economía y salud; cada genotipo y especie de planta requiere una nutrición óptima para su crecimiento y desarrollo (Six 2011, p. 1).

Como se sabe muy bien, para plantaciones agrícolas y forestales, se requiere conocer la demanda de nutrientes durante la fase inicial y la cantidad de nutrientes que pueda aportar al suelo, ajustándose a los estándares que favorezcan su establecimiento y desarrollo en el campo. La calidad de planta está determinada por factores genéticos, fisiológicos y morfológicos y el manejo adecuado (Paillacho 2010, p. 6).

## **1.5. Elementos esenciales**

Existe mayor necesidad de poner atención a la nutrición vegetal balanceada, para cada especie agrícola, ornamental, frutal y forestal; para dilucidar los efectos adversos de las deficiencias y toxicidades presentes en viveros, invernaderos y a nivel de campo, ya que por estas razones se ha visto limitado el rendimiento económico óptimo de cultivos y productividad (Kaur et al. 2016a, p. 3).

(Kaur et al. 2016b, p. 3), menciona tres criterios para considerar un elemento como esencial para la planta:

- 1 una planta no puede completar su ciclo de vida en ausencia del elemento mineral.
- 2 la función del elemento no es reemplazable por otro elemento mineral.
- 3 el elemento participa directamente en el metabolismo de las plantas.

Son elementos químicos que se puede encontrar en el suelo, debidamente disueltos en el agua, son vitales para taxones de plantas particulares; los elementos esenciales son clasificados por su concentración vegetal; los elementos de mayor concentración en la planta son los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, y S), mientras los de menor concentración son los micronutrientes (Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo, Cl y Ni) (INTAGRI 2009, p. 1).

### ***1.5.1. Funciones y síntomas de deficiencia de los elementos esenciales***

Las características principales y síntomas de deficiencia de los elementos esenciales definidos por (González y Pomares 2008, p. 7-8) (Reyes et al. 2018, p. 12), se detallan a continuación:

#### ***1.5.1.1. Nitrógeno***

Es el elemento más importante en el desarrollo de la planta, forman parte de las proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos, etc. Al presentar un bajo suministro de N disminuye la formación de protoplastos, ya que es necesario para la síntesis de clorofila, que está involucrado en el proceso de la fotosíntesis (Rodríguez 2014a, p. 2-4).

El nitrógeno es absorbido por las raíces en forma de nitrato o de amonio, se incorpora a las formas orgánicas en las raíces. Los nitratos se mueven a través de la xilema y se almacenan en vacuolas de células en diferentes plantas. El 80% del total de cationes y aniones que los absorben, lo hacen en forma de nitratos y amonio, tiene un gran impacto en el balance catión anión que regula el pH

celular y el pH de la rizosfera. El contenido óptimo de nitrógeno necesario para el crecimiento de las plantas varía entre 2 y 5% del peso de la planta (Reyes et al. 2018a, p. 190).

La deficiencia de N, presenta amarillamiento de toda la planta (clorosis), empieza en las hojas viejas y avanza hacia las más jóvenes cuando la deficiencia es severa. Un síntoma característico de deficiencia de N es la coloración roja o púrpura en los tallos, peciolo, superficie de las hojas inferiores; otro síntoma son enanismo o retraso en el crecimiento, plantas delgadas, por lo general tienden a madurar más rápido con una reducción en su rendimiento y calidad del producto cosechado (Rodríguez 2014b, p. 2).

#### *1.5.1.2. Fosforo*

Es un elemento estructural principalmente (en ácidos nucleicos y fosfolípidos), que actúan como transportadores de energía (presentes en las estructuras metabólicas de la célula); asimismo intervienen en la utilización del azúcar y el almidón. Los valores críticos de P normalmente son menores de 0,20 (deficiencia) y mayores de 1% (toxicidad) (Fernández-Ojeda et al. 2016a, p. 68)

La deficiencia de P es el retraso en el crecimiento, hojas verdes oscuras azuladas, moradas y parduscas a partir de la punta (en ciertas especies se presentan en tallos), llegando a producirse zonas necróticas en hojas, lentas en madurar, floración y fructificación pobres; además, interfiere en la apertura del ostiolo en algunas plantas, originando un incremento de temperatura. Las hojas viejas son afectadas antes que las jóvenes (Fernández-Ojeda et al. 2016b, p. 75).

#### *1.5.1.3. Potasio*

Es un nutriente esencial para las plantas, requerido en grandes cantidades; en la fotosíntesis, el potasio regula la apertura y cierre de las estomas, por lo tanto, regula la absorción de CO<sub>2</sub>; manteniendo un balance iónico óptimo, que preserva la estructura terciaria de la enzima y por lo tanto su máxima actividad enzimática. El K mejora la tolerancia de la planta al estrés hídrico; aumenta la osmo-rregulación, el transporte en el floema y favorece el balance catión anión (compensación de cargas dentro de la célula), (Prehn, Bonomelli y San Martín 2013, p. 245).

La primera señal de deficiencia de K, es el acorchamiento o quemado de los bordes de las hojas basales (necrosis de los bordes), de color amarillentos o rojizos que continúan hacia las hojas más jóvenes. Las plantas se vuelven achaparradas a menudo quebradizas y al final se secan, tienen un sistema radicular mal desarrollado, con frecuencia no maduran, los frutos son pequeños y deformes (Reyes et al. 2018b, p. 186).

#### *1.5.1.4. Calcio*

La principal función del Ca en la planta es formar parte de la estructura de la protopectina, como agente cementante para mantener las células unidas, estando localizado en la lámina media y en la pared primaria celular. En la célula suele existir como oxalato de calcio, por lo tanto, lo que se acepta es que se combina en la planta con los ácidos orgánicos, que sería tóxico en forma libre; prácticamente el Ca refuerza la pared celular y los tejidos de las plantas, el pectato de calcio da resistencia a las infecciones por hongos o por bacterias, aumenta la dureza de los frutos y retrasa la maduración de los mismos (soluciones de  $\text{CaCl}_2$  en pos cosecha el crecimiento de frutas presentan consecuencias muy favorables durante el desarrollo), (Quimis Castro 2012, p. 37).

El síntoma común de Ca, se presentan en las hojas jóvenes y superiores de la planta de amarillentas a ennegrecidas y curvadas (manchas marrones) (Jordán Tapia 2017, p. 5).

#### *1.5.1.5. Magnesio*

Permanece en la planta de forma iónica, forma parte de la molécula de clorofila, además, estabiliza las partículas de ribosomas. Cumple un rol específico como activador de enzimas envueltas en la respiración, fotosíntesis, síntesis de ARN y ADN; actúa como cofactor de la mayor parte de las enzimas que intervienen en la fosforilación, siendo importante en la transferencia de energía (García-Ávila et al. 2015, p. 266).

La deficiencia de Mg, produce en las hojas viejas amarillamiento en las nervaduras (clorosis), las hojas nuevas se quedan pequeñas, pedúnculos foliares débiles y son susceptible a las enfermedades producidas por hongos (BREVIS 2010, p. 3).

#### *1.5.1.6. Azufre*

La función principal del azufre, es la síntesis de aminoácidos como: la cisteína, cistina y metionina, que son constituyentes de proteínas. También forman glucósidos, ferredoxinas y ATP sulfurilaza. Promueve la nodulación en las leguminosas; ayudando a la producción de semillas; es necesario en la formación de clorofila a pesar de no ser un constituyente de esta molécula (Bernal et al., 2015, p. 266).

Las plantas con deficiencia de azufre, afectan a los tejidos en hojas nuevas, el crecimiento de la planta se retarda, las hojas son pequeñas, aparecen menos ramas en los árboles y con frecuencia

se produce una defoliación prematura; los brotes jóvenes tienen entrenudos cortos (González et al. 2020, pp. 143-145).

#### *1.5.1.7. Hierro (Fe)*

Es un micro elemento en plantas, cumple un papel importante, interviene en la síntesis de la clorofila, también participa en otros procesos enzimáticos y metabólicos sin los cuales las plantas no pueden llevar a cabo su ciclo vital. La mayor parte del Fe se encuentra en forma férrica ( $\text{Fe}^{3+}$ ), como fosfoproteína y metabólicamente activa es en forma ferrosa ( $\text{Fe}^{2+}$ ) (Aguado-Santacruz et al. 2012a, p. 9).

La clorosis férrica en hojas jóvenes, es una de las deficiencias claras que podemos visualizar, en casos graves las nervaduras se vuelven cloróticas, toda la hoja de color amarilla, que inclusive pudiendo llegar a blanco (albinismo), con las zonas necróticas (Aguado-Santacruz et al. 2012b, p. 10).

#### *1.5.1.8. Manganeso (Mn)*

Este nutriente es importante como la de nitrógeno o potasio, el Mn juega un papel importante en la fotosíntesis, también, participa en la síntesis de clorofila, síntesis de vitaminas (riboflavina, ácido ascórbico y carotina), asimilación de nitratos, división celular entre otros; acelera la germinación y la maduración de las plantas e incrementa la disponibilidad de P y Ca (BREVIS 2010, p. 8).

El síntoma de deficiencia de Mn, es clorosis intervenal presentes en hojas jóvenes por la baja movilidad dentro de la planta; en general las nervaduras y el tejido vecino, permanecen verdes, incluso cuando las manchas cloróticas llegan a necrosarse; esta deficiencia también influye las condiciones ambientales, es más severa en estaciones frías y húmedas debido a una reducción en la actividad metabólica de las raíces (Rojas Restrepo 2015, pp. 17-19).

#### *1.5.1.9. Zinc (Zn)*

Es un componente integral de las estructuras de las enzimas, entre las principales (alcohol deshidrogenasa, carbónico, anhidrasa, superóxido dismutasa), se utiliza en la formación de clorosis, carbohidratos; contribuye a la síntesis de proteínas, interviene en el metabolismo del ácido indolacético (AIA); están presentes en el tejido foliar ayuda a las plantas a resistir las bajas temperaturas, las mismas que ayudan al desarrollo y elongación del tallo (Vásquez Altamirano 2014, p. 20)

El Zn es inmóvil; es decir los síntomas se presentan en las hojas jóvenes como: reducción del tamaño de hojas, defoliación prematura, manchas necróticas en las orillas o en las puntas de las hojas (Calixto et al. 2015, p. 271).

#### *1.5.1.10. Cobre (Cu)*

El cobre es necesario para mover procesos de la síntesis de lignina (mecanismos de defensa celular); es activador de enzimas fenolasa y plastocianina. Este elemento se encuentra en su mayor proporción en las raíces antes que en las hojas; teniendo importancia en el metabolismo de proteínas, hormonas y en la formación de fertilización del polen. Además, ayuda a intensificar el sabor, color en las hortalizas y en las flores (Barragán et al., 2009, p. 157).

Los síntomas de su deficiencia se presentan en hojas nuevas, depende de cada cultivo, por ejemplo: las plantas en grano las hojas se vuelven amarillentas (clorosis), en hortalizas las hojas se observa un color verde azulado, mientras que en suelos orgánicos presentan mayores posibilidades de deficiencia de Cu y en suelos arcillosos tienen menos posibilidades de ser deficientes de Cu (SILVA 2010, p. 28).

#### *1.5.1.11. Boro (B)*

El boro es el menos requerido por todos los nutrientes, a pesar de que, en términos molares, las dicotiledóneas lo requieren en mayores cantidades que otros micronutrientes. Este nutriente está presente en la pared celular reflejando un cambio completo de la composición química; al aplicar B sobre la planta actúa rápidamente de 3 a 6 horas, ocurre un engrosamiento de la pared celular, intercalados con materiales membranosos en los ápices de las raíces (Robol 2021, p. 20).

Por la deficiencia de B se detiene el crecimiento de la planta, primero dejan de crecer los tejidos apicales y las hojas más jóvenes (Kyrkby y Römheld 2007a, p. 16).

#### *1.5.1.12. Molibdeno (Mo)*

El molibdeno difiere del Fe, Mn y Cu, es importante por lo que está presente en las plantas en menor concentración ( $<1 \text{ mg kg}^{-1}$  de MS), con base a materia seca, eso es necesario para suplir adecuadamente la planta. El Mo tiene un componente estructural, la más investigadas es: nitrato reductasa y la nitrogenasa, presente en las leguminosas noduladas (Ramos Amaya 2012, p. 35).

El síntoma de deficiencia de Mo depende entre especies vegetales, por lo general presentan el punteado intervenal, clorosis marginal en las hojas más viejas y enrollamiento hacia arriba de los márgenes de las hojas. El ejemplo de esta deficiencia es la coliflor, en caso, que la deficiencia progresa aparecen manchas necróticas en las puntas y en los márgenes de las hojas, es por esa razón que en este cultivo se conoce como cola de látigo (Kyrkby y Römheld 2007b, p. 11).

#### **1.6. Nutrición en plantaciones de eucalipto (*E. globulus*)**

Las plantaciones forestales, son utilizados por largos ciclos, producen sobre el suelo un impacto muy distinto al de los cultivos anuales, y no hablamos solo por las amplias acumulaciones de biomasa, sino también por su extenso sistema radicular que permiten explorar zonas más profundas del suelo; por lo general las plantaciones de eucalipto se lleva a cabo en áreas donde la fertilidad del suelo es generalmente baja. En la actualidad la silvicultura sostenible radica, principalmente, en el manejo de residuos de cultivo (por ejemplo, corteza y ramas) y en la aplicación de fertilizantes que produce el mejoramiento del crecimiento diametral y altura con efectos favorables en la productividad y sostenibilidad de las plantaciones forestales y gestión forestal (Ferraz et al., 2016, p. 2).

Para una recomendación general del eucalipto, se debe considerar los 3 tipos de fertilización cuando esta se realiza sobre las masas de *Eucalyptus* ya establecidas: a) Fertilización inicial o de arranque; b) Fertilización de mantenimiento o a mediana edad y c) Fertilización de brotación o post aprovechamiento. La aplicación de fertilizante debe ser equilibrada ya que ha demostrado ser eficaz en sistemas agronómicos; la recomendación sobre plántulas es una dosis de 125 y 250 g de fertilizantes (16N – 7P – 7K) por plántula (Rindi Nurlaila Sari 2014, p. 29).

#### **1.7. Soluciones nutritivas**

Una solución nutritiva es el medio acuoso que provee a la planta el agua y los nutrientes necesarios para su desarrollo; la solución nutritiva completa debe tener los macronutrientes gr/L (nitrogeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) y micronutrientes gr/L (hierro, molibdeno, manganeso, boro, zinc, cobre y níquel). La planta no puede absorber estos elementos en su forma simple por lo que se les deben proveer en forma de iones, para que las pueda asimilar (Andreau et al., 2015, p. 92).

Existen diferentes soluciones nutritivas, son ampliamente usadas por los agricultores en el campo y en la hidroponía siendo útiles en las investigaciones realizadas para satisfacer las necesidades de las plantas (Tabla 2-1) (Paloma 2014, p. 12).

**Tabla 2-1:** Soluciones nutritivas propuestas por diferentes autores.

Elemento	H. y Arnon	Hewit	FAO	Jensen	Larsen	Cooper	Steiner
Concentración en ppm							
N	210	168	150-225	106	172	200-236	167
P	31	41	30-45	62	41	60	31
K	234	156	300-500	156	300	300	277
Ca	160	160	150-300	93	180	170-185	183
Mg	34	36	40-50	48	48	50	49
S	64	48	-	64	158	68	112
Fe	2,5	2,8	-	3,8	3	12	2,0-4,0
Mn	0,5	0,54	0,5-1	0,81	1,3	2	0,62
B	0,5	0,54	0-0,4	0,46	1	0,3	0,44
Cu	0,02	0,064	0,1	0,05	0,3	0,1	0,02
Zn	0,05	0,065	0,1	0,09	0,3	0,1	0,11
Mo	0,01	0,04	0,05	0,03	0,07	0,2	0,1

Fuente: (Paloma 2014, p. 26-28)

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

### 1.7.1. Conductividad eléctrica

Se define como la capacidad que tiene una solución de transportar o conducir electricidad por unidad de área; en si nos da una idea de la cantidad de sales disueltas en la solución, el rango de conductividad eléctrica requerido para un adecuado crecimiento del cultivo se encuentra entre 1,5 a 3,0 dS/m, dependiendo de la especie y de la CE del agua con que es preparada la solución (Gilsanz 2007, p. 16).

### 1.7.2. Temperatura

La temperatura de la solución nutritiva juega un papel importante en los cultivos; existen dos factores importantes que dependen de la temperatura de la solución nutritiva: 1) la solubilidad del oxígeno en el agua; 2) la demanda de oxígeno de las plantas. El intervalo ideal de la temperatura es de 18 a 24 °C; el aumento de temperatura incrementa la absorción de iones de K y fosfatos en la cual habrá una disminución en la disponibilidad de Fe y a bajas temperaturas el ion  $\text{NH}_4^+$  se absorbe rápidamente que los iones  $\text{NO}_3^-$ , causando una deficiencia principalmente de Ca, P (Texier 2013, p. 2).

### **1.7.3. Sustratos**

Para producir plantas forestales a escala industrial, uno de las dificultades es el de disponer del sustrato adecuado en mayores cantidades; en la actualidad se está realizando la búsqueda de sustratos alternativos de calidad, que permitan un adecuado desarrollo de las plantas para desarrollar protocolos y promover su utilización y que contribuya a la reducción de su impacto sobre el ambiente y la conservación de los recursos naturales. El sustrato depende de una gran variedad de materiales disponibles; también depende de las especies a producir, la estación del año, sistema de propagación, el costo, la disponibilidad y las características del producto; un sustrato potencial incluye materiales orgánicos como: cascarilla de arroz, corteza, aserrín, viruta de madera y fibra de coco, ya que permite el anclaje del sistema radicular y el soporte de la planta (Varela et al. 2013, p. 2).

### **1.8. Técnica del elemento faltante**

(FAIRHURST y Witt 2002, p. 2), menciona que es una metodología rápida que busca proporcionar nutrientes a la planta, como y cuando lo necesite. Esta técnica permite equilibrar dinámicamente el uso de fertilizantes químicos para, llenar efectividad el déficit que ocurre entre la necesidad total de elementos nutricionales, donde podemos obtener altos rendimientos y el aporte de nutrientes provenientes de las fuentes nativas del suelo. El déficit debe ser compensado con la aplicación de fertilizantes y de esta manera se busca aplicar nutrientes de dosis óptimas y en el tiempo adecuado, como resultado a esto son los altos rendimientos y eficiencia en usos de los nutrientes para los cultivos, buscando cosechar la mayor cantidad de grano por unidad de fertilizante aplicado.

La técnica del elemento faltante es muy importante y se basa en la identificación de deficiencias de elementos nutritivos, en un suelo en el que se agrega una fuente de fertilización completa y una serie de tratamientos en los cuales se deja de agregar uno de los nutrientes provisto en la forma completa, las plantas se cosecharan antes de su madurez, para evaluar el rendimiento relativo (Sepúlveda et al. 2014, p. 211)

(Martínez et al. 2008, p. 5-9), emplearon esta técnica en el cultivo de uchuva observando que las plantas en ausencia de N, K y B afectan negativamente en el tamaño, mientras que, en la ausencia de P, Ca y Mg disminuye el número de frutos y el rendimiento por planta. En la investigación realizada por (Bolívar, Medellín y Trujillo 2009, p. 15), en naranjilla (*Solanum quitoence*) el elemento faltante fue el nitrógeno, tuvo una deficiencia más contundente presentándose clorosis generalizada en toda la planta, disminución en el área foliar y el número de hojas.

### ***1.8.1. El pH de la solución nutritiva***

El pH se refiere a la concentración de iones hidrogenados ( $H^+$ ), los cuales determina el grado de acidez y basicidad de una solución; sin embargo, se define por la proporción relativa de los aniones, cationes y la concentración total de estos en  $meq\ l^{-1}$ , lo que significa que el pH es una propiedad inherente de una composición química de la solución nutritiva, por lo que no podría cambiar independientemente (De Rijck y Schrevens 1998, p. 4).

El pH apropiado de la solución nutritiva para la mayoría de plantas se encuentra entre 5 a 7, es el rango donde los cultivos trabajan adecuadamente. Si nos encontramos con pH superiores a 7, podrían generar condiciones de insolubilidad y precipitación, impidiendo la buena nutrición sobre la planta. También recalcar que el pH de la solución nutritiva no es estático, por lo que depende del  $CO_2$  en el ambiente y si el contener se encuentra cubierta o descubierta, del ritmo absorción nutricional, de la fuente nitrogenada utilizada (Fertilab 2018, p. 2).

## CAPITULO II

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. Materiales

##### 2.1.1. *Material biológico*

En la siguiente investigación se utilizó plántulas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), con alturas de 0,04 m a 0,05 m, con 4 a 6 hojas verdaderas.

##### 2.1.2. *Materiales y equipos para invernadero*

Los materiales y equipos utilizados en el invernadero son los siguientes:

- Fundas de plástico 0,36 x 0,23 m.
- Fundas de papel.
- Cascarilla de arroz.
- Libreta de campo.
- Cinta métrica.
- Calibrador pie de rey digital.
- Tabla de colores.
- Etiquetas.
- Fibra de coco.
- Cinta adhesiva.
- Balanza.
- Estilete.
- Cámara fotográfica.
- Medidor de clorofila SPAD CMM 200.

##### 2.1.3. *Materiales y equipos para laboratorio*

El Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de la EESC, dispone de:

- Balanza de precisión (Shimadzu, modelo LIBROR AEG-220).
- Rollos de papel absorbente.

- Estufa (Shell Lab).

#### **2.1.3.1. Reactivos**

En el experimento se utilizó fertilizantes químicos de alta solubilidad para preparar la solución nutritiva.

- Nitrato de calcio (16% N, 20% Ca).
- Nitrato de potasio (13% N, 46% K<sub>2</sub>O).
- Nitrato de amonio (33 % N).
- Sulfato de amonio (21 % N, 24 % S).
- Sulfato de magnesio (11% Mg, 9% S).
- Fosfato mono amónico (11% N, 52%P).
- Fosfato monopotásico (52% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 34%K<sub>2</sub>O).
- Sulfato de potasio (50% K<sub>2</sub>O, 18% S).
- Nitrato de magnesio hexa hidratado (11% N, 10% Mg).
- Cloruro de calcio di hidratado (31% Ca, 55% Cl).
- Cloruro de potasio (60% K, 47% Cl).
- Tradecorp AZ (Fe 5,5 %, Mn 3%, Zn 0,7%, Cu 0,47%, B 1,4%, Mo 0,2%).

#### **2.1.4. Materiales y equipos de Oficina**

- Computador.
- Impresora.
- Papel bond.
- Esferográficos.
- Marcadores.
- Lápiz.

#### **2.1.5. Insumos agrícolas**

Para los controles fitosanitarios se utilizó los siguientes productos:

- Insecticida (Cipermetrina).
- Fungicidas (Metalaxil + Mancoseb y Clorotalonil).

## 2.2. Metodología

### 2.2.1. Características del sitio experimental

#### 2.2.1.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en el invernadero del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina (Tabla 1-2).

**Tabla 1-2:** Ubicación del experimento, Estación Experimental Santa Catalina, Pichincha.

Ubicación	Descripción
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Parroquia	Cutuglagua
Altitud (m.s.n.m.).	3077
Latitud	0° 22' 00" S
Longitud	78° 33' 17" O

Fuente: IGM, 2018.

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

#### 2.2.1.2. Características climáticas

Se detallan las características del sitio experimental en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Características climáticas del invernadero. Estación Experimental Santa Catalina, Pichincha.

Características ambientales	Descripción
Temperatura máxima promedio (°C).	31,0
Temperatura mínima promedio (°C).	5,8
Temperatura promedio (°C).	18,4
Humedad relativa promedio (%).	70,0

Fuente: INAMHI, 2019.

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

### 2.3. Preparación de soluciones madres

Se preparó un litro de solución madre para los macro elementos, lo cual se empleó los pesos moleculares y la concentración por litro de cada fuente de fertilizante (Tabla 3-2).

**Tabla 3-2:** Solución madre (1M) para los macro elementos, para la evaluación de los Índices de calidad en plántulas de *Eucalyptus globulus*, en condiciones de invernadero.

Fertilizante	Formula	Peso molecular (g L <sup>-1</sup> )
Nitrato de calcio.	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	236
Nitrato de potasio.	KNO <sub>3</sub>	101
Nitrato de amonio.	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	80
Sulfato de amonio.	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	132
Sulfato de magnesio.	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	246
Fosfato mono amónico.	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	115
Fosfato mono potásico.	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	136
Sulfato de potasio.	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	174
Nitrato de magnesio hexa hidratado.	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	256
Cloruro de calcio di hidratado.	CaCl <sub>2</sub> 2H <sub>2</sub> O	147
Cloruro de potasio.	KCl	74
Tradecorp AZ		6

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

Para el caso de micronutrientes, se utilizó Tradecorp AZ (Fe 5,5 %, Mn 3%, Zn 0,7%, Cu 0,47%, B 1,4%, Mo 0,2%) la cantidad de 40 mg L<sup>-1</sup>, aportando Fe 3 mg L<sup>-1</sup>, Mn 1,4 mg L<sup>-1</sup>, Zn 0,28 mg L<sup>-1</sup>, Cu 0,11 mg L<sup>-1</sup>, B 0,26 mg L<sup>-1</sup>, Mo 0,10 mg L<sup>-1</sup> para cada planta.

#### 2.3.1. Solución nutritiva

Las soluciones madres se prepararon para todos los tratamientos (Anexo E); para tal efecto se pesaron cada uno de los fertilizantes en una balanza de precisión, se prosiguió a disolver en agua destilada. De cada solución madre se tomaron alícuotas, según el tratamiento para llegar a las concentraciones deseadas de cada nutriente, con las cuales se hizo el respectivo riego. Las concentraciones son detalladas en la Tabla 4-2, con la conversión de unidades (meq l<sup>-1</sup> a mg l<sup>-1</sup>), los cálculos se indican en el Anexo C.

**Tabla 4-2:** Concentración de los nutrientes en la solución nutritiva utilizada.

Elemento	meq l	mg l
N	12,0	168,0
PO	1	31,6
K	7	273,7
Ca	9	180,4
Mg	4	48,6
SO	2,3	112,0
Zn	0,0086	0,28
Cu	0,0035	0,11
Fe	0,1	3,0
Mn	0,1	1,40
B	0,1	0,26
Mo	0,0063	0,10
Co	0,0068	0,02

**Fuente:** (Gastelum-Osorio et al. 2013) y (Steiner 1973).

**Realizado por:** Yucailla, Byron, 2021.

### 2.3.2. Preparación de solución nutritiva según tratamiento

Para el primer y el segundo mes se preparó cada 6 días; para el tercer y cuarto mes se preparó cada 4 días; de acuerdo con el siguiente detalle:

#### 2.3.2.1. Solución completa

El primer y segundo mes, se preparó 12 l de solución nutritiva, mientras que el tercer y cuarto mes se preparó 24 l, para regar las 4 repeticiones, se tomó alícuotas distintas de la solución madre de cada nutriente y se aforó al volumen total con agua.

#### 2.3.2.2. Tratamientos de omisión:

se preparó 12 y 24 l de solución nutritiva, para realizar el riego respectivo, para el efecto se tomó alícuotas de distintas cantidades de la solución madre por cada nutriente exceptuando el nutriente en omisión según los tratamientos evaluados.

A la solución resultante por cada tratamiento se midió el pH la cual estuvo en un rango de 6,40 a 7,25; mientras que la conductividad eléctrica presenta un rango de 1,73 a 4,70 mS/cm.

La solución nutritiva se preparó de acuerdo a las concentraciones en estudio, para cada uno de los tratamientos. Se utilizó las respectivas alícuotas de cada solución madre y la mezcla de fertilizantes se llevó a 1 litro (Tabla 5-2).

**Tabla 5-2:** Elementos y cantidades para preparar las soluciones nutritivas, para la evaluación de los Índices de calidad en plántulas de eucalipto (*E. globulus*).

Fertilizante	Concentración (g L <sup>-1</sup> )	Cantidades de las soluciones nutritivas (ml)						
		FC (T1)	-N (T2)	-P (T3)	-K (T4)	-Ca (T5)	-Mg (T6)	-S (T7)
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	236	4,5	0	4,5	3	0	2	2,5
KNO <sub>3</sub>	101	3	0	3	0	3	3	3
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	80	0	0	0	1	4,5	0,5	0
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	132	0	0	0	1,5	0	2	0
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	246	2	2	2	2	2	0	0
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	115	0	0	0	1	0	0	0
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	136	1	1	0	0	1	1	1
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	174	1,5	1,5	1,5	0	1,5	1,5	0
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	256	0	0	0	0	0	0	2
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	147	0	4,5	0	1,5	0	2,5	2
KCl	74	0	3	1	0	0	0	0

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

### 2.3.3. Manejo específico del experimento

Se utilizó plántulas de *Eucalyptus globulus* procedentes de un vivero Forestal ubicado en el cantón Mejía, provincia de Pichincha, con altura de 4 cm y de 2 a 3 hojas primarias, por ser plantas pequeñas se repicaron en fundas plásticas 0,06 x 0,09 m para su endurecimiento, al mes alcanzaron el tamaño de 10 a 12 cm de altura y se repicaron a fundas plásticas de 0,36 x 0,23 m. para la inducción de los tratamientos en estudio.

El sustrato utilizado fue una mezcla de cascarilla de arroz (70%) y fibra de coco (20%) y suelo (10 %). La frecuencia de riego fue: el primer y segundo mes 3 veces por semana (lunes, miércoles y viernes) y para el tercer mes fueron 5 veces por semana (lunes a viernes).

#### 2.3.4. *Factor en estudio.*

El factor en estudio fue la aplicación de la solución nutritiva.

#### **Tratamientos**

Los tratamientos en estudio se detallan en el (Tabla 6-2).

**Tabla 6-2:** Tratamientos del elemento faltante.

Tratamiento	Código	Descripción
T1	FC	Solución completa (N, P, K, Ca, Mg, S ).
T2	-N	Solución sin nitrógeno ( _, P, K, Ca, Mg, S).
T3	-P	Solución sin fósforo (N, _, K, Ca, Mg, S).
T4	-K	Solución sin potasio (N, P, _, Ca, Mg, S).
T5	-Ca	Solución sin calcio (N, P, K, _, Mg, S).
T6	-Mg	Solución sin magnesio (N, P, K, Ca, _, S).
T7	-S	Solución sin azufre (N, P, K, Ca, Mg, _).
T8	TA	Solo agua

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

#### 2.3.5. *Unidad Experimental*

La unidad experimental se estableció en el invernadero con un área de 1,5 m<sup>2</sup> (1,5 m x 1 m), conformada por bloques de 2 columnas de 2 de plántulas con 0,5 m de separación entre líneas y a 0.5 m entre plantas. La distribución de plantas en el invernadero se presenta en el Anexo H.

#### 2.3.6. *Tratamientos*

Se constituye por ocho tratamientos de las cuales seis tratamientos fueron utilizados mediante la técnica del elemento faltante, mientras que los dos tratamientos fueron los testigos (tratamiento completo y tratamiento solo agua).

Se utilizó la solución nutritiva de Steiner (1984), en la cual se omitió los macronutrientes (Tabla 7-2).

**Tabla 7-2:** Tratamientos del elemento faltante de macro nutrientes, para la evaluación de los índices de calidad en plántulas de eucalipto (*E. globulus*).

Tratamiento	Código	N	P	K	Ca	Mg	S
		mg L <sup>-1</sup>					
1	TC	168	31	273	180	48	112
2	-N	0	31	273	180	48	112
3	-P	168	0	273	180	48	112
4	-K	168	31	0	180	48	112
5	-Ca	168	31	273	0	48	112
6	-Mg	168	31	273	180	0	112
7	-S	168	31	273	180	48	0
8	TA	0	0	0	0	0	0

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

### 2.3.7. Diseño experimental

La investigación se realizó en condiciones de invernadero, con un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 4 repeticiones, donde se evaluó el efecto del elemento faltante en planta de eucalipto (*E. globulus*); el esquema del análisis de varianza se detalla en la (Tabla 8-2).

**Tabla 8-2:** Esquema del análisis de la varianza (ADEVA), para la evaluación de los índices de calidad en plántulas de eucalipto (*E. globulus*), en condiciones de invernadero.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total	31
Tratamientos	7
Repeticiones	3
Error	21

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

## 2.4. Manejo específico del experimento y métodos de evaluación

### 2.4.1. *Determinar la calidad de planta de eucalipto (E. globulus), a través de los cálculos de índices cualitativos, con las siguientes variables:*

#### 2.4.1.1. *Variables y métodos de evaluación*

##### ***Índice de robustez***

Para la evaluación de índice de robustez se midió las variables dasométricas (altura y Diámetro a la altura de cuello DAC), se utilizó una regla graduada para medir la altura desde la base del tallo hasta la yema apical de la planta, mientras que el diámetro del cuello de la raíz se midió a 0.10 m al nivel de sustrato en cada una de las plántulas con un calibrador digital pie de rey, se llevó un registro mensual, tanto de altura de planta y diámetro cuello de la raíz de la planta en la etapa de crecimiento inicial, que corresponde a los 30, 60, 90 y 120 días (Sáenz et al. 2010a).

El resultado se determinó en base a la siguiente fórmula:

$$IR = \frac{A}{D}$$

Dónde:

IR= Índice de robustez.

A= altura de la planta (cm).

D= diámetro cuello de la raíz (mm).

##### ***Relación entre Biomasa aérea/Biomasa raíz***

Se realizó el muestreo en la fase vegetativa V3, se extrajo 4 plantas completas (raíz, tallos y hojas) de cada uno de los bloques de cada tratamiento. Del material vegetal obtenido, se llevó al laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la EESC, donde, se registró el peso fresco de la planta con una balanza de precisión marca Shimadzu.

Las plantas obtenidas del muestreo, se colocaron en bolsas de papel, previamente identificadas y se situó en una estufa de secado con ventilación forzada marca Shell Lab a una temperatura de 60 °C hasta obtener un peso constante (peso seco). Se registró la biomasa (peso seco) en la balanza previamente. Se calculó a los 130 días.

Con los pesos obtenidos se calculó la relación entre la biomasa aérea (tallos y hojas) y la biomasa de la raíz., mediante la siguiente fórmula (Sáenz et al. 2010b).

$$R_{BR/BA} = \frac{Ba}{Br}$$

Dónde:

$R_{BSR/BSA}$  = Relación de la Biomasa aérea/Biomasa raíz.

Ba = Biomasa aérea (g).

Br = Biomasa raíz (g).

### ***Índice de calidad de Dickson (ICD)***

Para obtener el índice de calidad de Dickson, se utilizó las fórmulas anteriores; se dividió la biomasa total de la planta (g) sobre el índice de robustez (IR) más la relación Biomasa seca aérea/Biomasa seca raíz ( $R_{BR/BA}$ ), (Sáenz et al, 2010c). Esta variable se calculó a los 140 días, el resultado se expresó en gramos por planta por tratamiento aplicando la siguiente formula (Sáenz et al. 2010d).

$$ICD = \frac{Pst}{\frac{A}{D} + Br}$$

Dónde:

ICD = Índice de calidad de Dickson (g planta<sup>-1</sup>).

Pst = Peso seco total (g).

A = Altura (cm).

D = Diámetro (mm).

Ba = Biomasa aérea (g).

Br = Biomasa raíz (g).

El índice de calidad de Dickson se presenta en la Tabla 9-2.

**Tabla 9-2:** Índice de calidad de Dickson, para la evaluación de los índices de calidad en plántulas de *Eucalyptus globulus*, en condiciones de invernadero.

<b>Calidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
Baja	< 0,2	Calidad baja
Media	0,2 - 0,5	Calidad media
Alta	> 0,5	Calidad alta

**Fuente:** Muñoz et al, 2015.

**Realizado por:** Yucailla, Byron, 2021.

### ***Clorofila***

Se utilizó el equipo portátil SPAD CMM 200 de marca ADC BIOSCIENTIFIC, se expresó en unidades SPAD (Soil plant Analysis Development). Se realizó lecturas en cinco posiciones distintas de la hoja, siendo la más importante la lectura del tercio medio de la hoja. La medición se realizó a los 90 y 120 días (Castañeda et al. 2018a).

### ***Color de hojas***

Se evaluó en el mismo sitio y época de medición de clorofila (90 y 120 días), utilizando la Tabla de Comparación de Colores (TCC), mientras que a los 30 y 60 días se evaluaba solo el color y no la clorofila ya que no poseían hojas anchas y grandes (Castañeda et al. 2018b).

#### ***2.4.2. Determinar el efecto del elemento faltante en la producción de biomasa en la fase vegetativa, se realizó lo siguiente:***

##### ***2.4.2.1. Fase de campo***

se realizó un muestreo destructivo, tomando 4 plantas completas (raíz, tallos y hojas) por tratamiento y de cada una de las repeticiones. Por cada muestreo de planta se registró el peso fresco de la parte aérea (tallos y hojas), mientras que el de la raíz se tuvo que lavar con agua corriente, posteriormente se secó al ambiente y se pesó en una balanza de precisión, de esta manera se obtuvo el peso fresco de la raíz.

Una vez registrada el peso fresco de la parte aérea y la raíz de la planta se colocó en fundas de papel previamente identificadas; la unidad del peso fresco fue gramos por planta.

#### *2.4.2.2. Fase de Laboratorio*

El muestro destructivo previamente identificadas en campo, se llevó al laboratorio y se introdujo en una estufa de secado con ventilación forzada, las muestras se secaron a una temperatura de 65 °C, por 72 horas, obteniendo el peso constante (peso seco); los resultados se expresaron en gramos por planta.

La determinación del efecto omisión de nutrientes en la producción de biomasa, se comparó con los tratamientos: fertilización completa (1 FC) el mejor, mientras que el testigo absoluto (TA), presentó una baja calidad, ya que no se aplicó ningún fertilizante.

#### **2.4.3. *Identificar los síntomas visuales por deficiencia de macro elementos (N, P, K, Ca, Mg y S) en plantas de eucalipto.***

Se documentó las fotografías mensualmente, para evidenciar los síntomas que se presentasen en los días de riego y evaluación; para visualizar los síntomas de cada nutriente, se realizó los siguientes pasos:

##### *2.4.3.1. Fase de laboratorio*

Se preparó soluciones madres y soluciones nutritiva para cada tratamiento, una vez preparada las soluciones nutritivas se realizó el riego los días lunes, miércoles y viernes durante los 2 primeros meses; en el tercer y cuarto mes se aplicó todos los días. La deficiencia nutricional se identificó de manera visual que los tratamientos de Fertilización completa (FC) tuvieron buenos resultados tanto en altura (cm), diámetro a la altura de cuello (DAC mm) y biomasa, mientras que en el testigo absoluto (TA) presentó una menor altura (cm), DAC (mm), biomasa y en las hojas presentaron colores rojos, amarillamiento, prácticamente una planta de baja calidad.

##### *2.4.3.2. Fase de campo*

Una vez preparada las soluciones nutritivas, procedemos a realizar los riegos respectivos, en el primer y segundo mes se regó 200 ml a cada planta por tratamiento y por repetición; mientras que en el tercer y cuarto mes se aumentó el riego a 400 ml.

Para el cumplimiento del primer objetivo, los síntomas visuales por deficiencia de macro elementos, se evidenció en el segundo mes; en -N una breve clorosis, -S enrojecimiento en la parte apical de la planta y en TA se presencié clorosis, enrojecimiento de las hojas y plantas

pequeñas, en todas las repeticiones; se presentó un hongo inicial llamada alternaria, en la repetición II, en los tratamientos T4, T6, T1 y T8; en el tercer mes el hongo fue avanzando, afectando a la repetición I (T1, T4, T7 y T8); repetición II (T4, T6, T1, T8 y T7); y en la repetición III (T4, T3, T6, T7 y T2); se colectó hojas de eucalipto en distintos tratamientos y en todas las repeticiones, se envió al laboratorio de fitopatología para el análisis respectivo, el diagnóstico micológico nos indica los siguientes hongos: *Epicoccum sp* (Anexo I), *Alternaria sp* (Anexo H). y *Ulocladium sp* (Anexo J).

#### 2.4.3.3. Diagnóstico visual de los síntomas

Los tratamientos que presentaron síntomas visuales de deficiencias nutricionales se registró en la siguiente (Tabla 10-2):

**Tabla 10-2:** Evaluación visual por tratamiento, para la evaluación de los índices de calidad en plántulas de eucalipto (*E. globulus*), en condiciones de invernadero.

Tratamiento	1	2	3	4	5	6
1	X					
2		X				
3				X		
4						X
5					X	
6					X	
7	X					
8	X	X	X	X	X	X

1= clorosis; 2= necrosis; 3= atrofiadas; 4= clorosis internerval; 5= hojas rojas; 6= achaparramiento.

**Realizado por:** Yucailla, Byron, 2021.

## 2.5. Análisis funcional

Para el análisis de varianza se encontró diferencias significativas, se aplicó la prueba de Tukey al 5%. Se utilizó el programa estadístico SAS 9,4 (Statistical Analysis System, 1999); y el paquete estadístico InfoStat (2020).

## CAPITULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. La calidad de planta de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), a través del cálculo de índices cualitativos producidas bajo invernadero.

##### 3.1.1. Índice de robustez

Se realizó el análisis de varianza (Tabla 5-3), de la variable Índice de robustez a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante. Registrándose una media general de 6,71 cm mm<sup>-1</sup> y un coeficiente de variación del 7,93% a los 120 días; en la cual no presentó significancia para los tratamientos.

**Tabla 1-3:** Análisis de varianza para la variable índice de robustez a los 120 días después del trasplante.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio			
		30 ddt	60 ddt	90 ddt	120 ddt
Tratamientos	7	181,23*	0,52ns	0,05ns	0,17ns
Repeticiones	3	176,25ns	0,21ns	0,11ns	0,84*
Error	21	73,01	0,61	0,27	0,28
Total	31				
C.V %		10,76	10,83	7,42	7,93
x (cm/mm)		79,35	7,21	7,00	6,71

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

Ddt= días después del trasplante.

Si la probabilidad es < 0,01 indica diferencias Altamente Significativas (\*\*).

Si la probabilidad es < 0,05 indica diferencias Significativas (\*).

Si la probabilidad es > 0,05 No Significativo (NS).

El Índice de robustez es el cociente de la altura sobre el diámetro del tallo, como un indicador de resistencia de la planta, para lo cual, Rodríguez (2008), propone valores menores de a seis, ya que valores superiores disponen a la planta a daños por viento y altas temperaturas, debido a la descomposición que existe entre la altura y el diámetro, lo que indica que las plantas con

diámetros muy delgados no tendrán la capacidad de sostener un tallo elongados lo cual hace más propenso a doblarse.

### 3.1.2. *Relación de la Biomasa aérea/Biomasa raíz*

En el análisis de la varianza (Tabla 2-3), para la relación Biomasa aérea/Biomasa raíz, mostró diferencias altamente significativas a los 120 días después del trasplante, se observa una media general de 4,32 y un coeficiente de variación de 14,66% entre los tratamientos.

**Tabla 2-3:** Relación de Biomasa aérea/Biomasa raíz, en la evaluación de los índices de calidad en plántulas de eucalipto (*E. globulus*), Pichincha 2021.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
		120 ddt
<b>Tratamientos</b>	7	3,04 **
<b>Repeticiones</b>	3	1,19* **
<b>Error</b>	21	0,4
<b>Total</b>	31	
<b>C.V %</b>		14,66
<b>x</b>		4,32

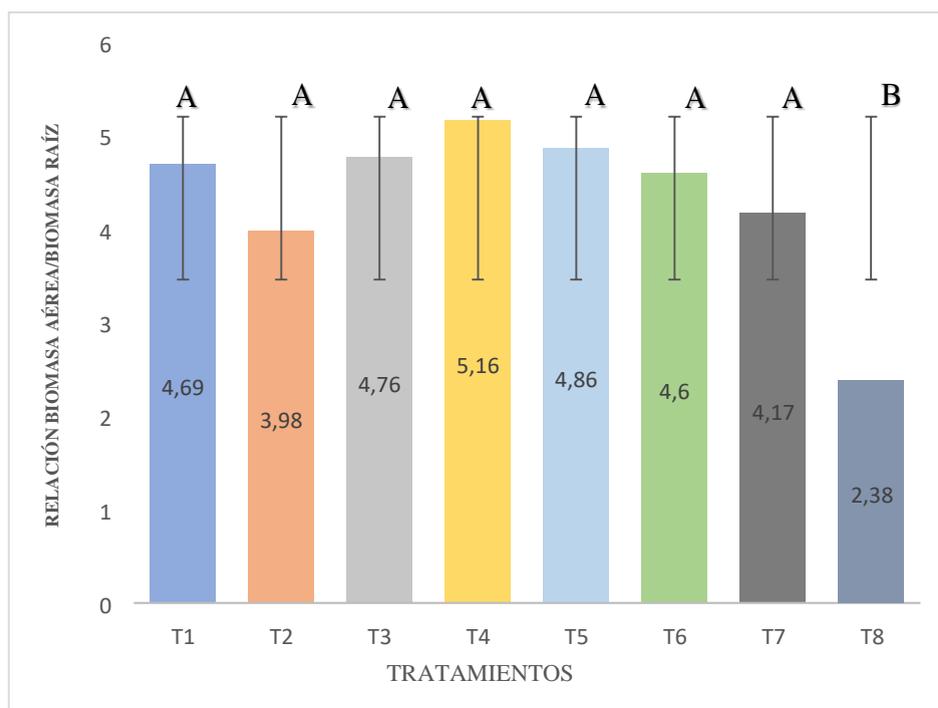
Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

Ddt= días después del trasplante.

Si la probabilidad es < 0,01 indica diferencias Altamente Significativas (\*\*).

Si la probabilidad es < 0,05 indica diferencias Significativas (\*).

Si la probabilidad es > 0,05 No Significativo (NS).



**Gráfico 1-3.** Prueba de Tukey al 5% de la Relación Biomasa aérea/Biomasa raíz.

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

En la prueba de separación de medias (Gráfico 1-3). Relación biomasa aérea/biomasa raíz 120 días plantas de eucalipto (*E. globulus*) se obtuvo dos rangos el **primer rango**: T1: es la fertilización completa de macronutrientes, T2: es la deficiencia de nitrógeno, T3: deficiencia de fósforo, T4: deficiencia de potasio, T5: deficiencia de Calcio, T6: deficiencia de Magnesio, T7; deficiencia de azufre y el **segundo rango**: T8: testigo absoluto (solo agua).

Con mayor valor promedio de relación biomasa aérea/biomasa raíz a los 120 días el tratamiento 4 (menos potasio) presentó una media de 5,16 g, seguido por el tratamiento 5 (menos de calcio) con una media de 4,86 g. Para el tratamiento 3 (menos fósforo) presentó una media de 4,76 g. El menor valor fue el tratamiento 8 (testigo) con una mediana de 2,38 g. (Bernaola Paucar et al. 2016), considera que la fertilización influye en el crecimiento de las raíces, crecimiento de altura y diámetro de la planta; por ende, los tratamientos del uno al siete se encuentran en buenas condiciones morfológicas. Mientras que el T8 (TA), obtuvo un valor menor en altura y diámetro, por lo tanto, existe un desequilibrio en su parte aérea y su parte radical.

### 3.1.3. Índice de calidad de Dickson

Para el análisis de varianza (Tabla 3-3) del índice de calidad de Dickson, mostró diferencias altamente significativas a los 120 días después del trasplante, se observó una media general de 5,78 y un coeficiente de variación de 11,67% entre los tratamientos.

**Tabla 3-3:** Análisis de varianza para la variable Índice de calidad de Dickson, en la evaluación de los índices de calidad en plántulas de eucalipto (*E. globulus*), Pichincha 2021.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio
		120 ddt
Tratamientos	7	8,94 **
Repeticiones	3	1,32 *
Error	21	0,45
Total	31	
C.V %		11,67
x (g)		5,78

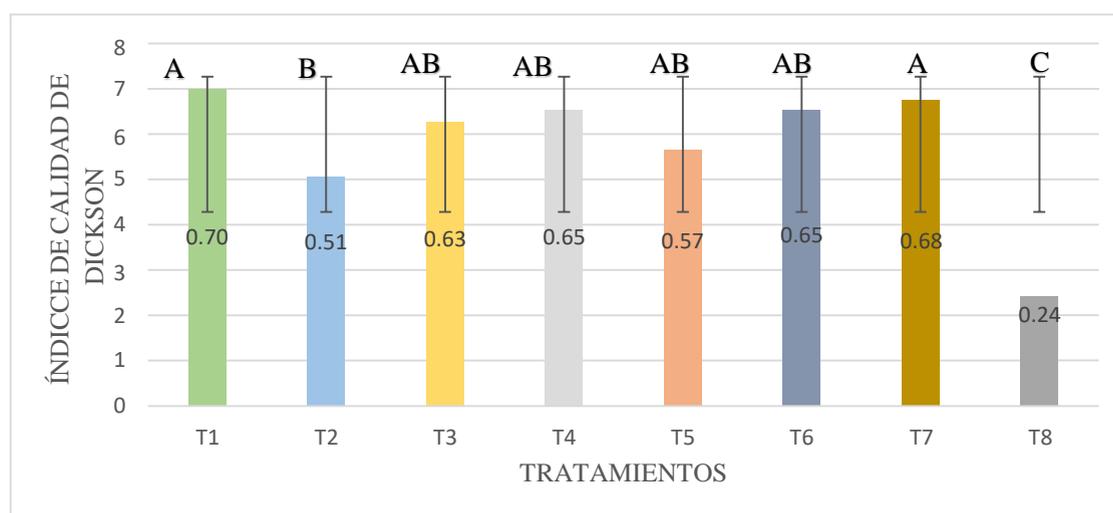
Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

Ddt= días después del trasplante.

Si la probabilidad es  $< 0,01$  indica diferencias Altamente Significativas (\*\*).

Si la probabilidad es  $< 0,05$  indica diferencias Significativas (\*).

Si la probabilidad es  $> 0,05$  No Significativo (NS).



**Gráfico 2-3.** Prueba de Tukey al 5% del Índice de calidad de Dickson a los 120 días.

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

Según los resultados obtenidos en el Gráfico 2-3. Índice de calidad de Dickson en plantas de eucalipto (*E. globulus*) a los 120 días observamos que se formaron 4 rangos: **primer rango:** T1: fertilización completa, T7: la deficiencia de azufre; **segundo rango:** T3: de la fertilización completa se omite el fosforo, T4: se omite el potasio, T5: la deficiencia de calcio y el T6: la ausencia de magnesio; **tercer rango:** T2: la omisión del nutriente del nitrógeno; **cuarto rango:** T8: testigo absoluto no se aplicó fertilizantes.

Con mayor valor promedio del índice de calidad de Dickson en plantas de eucalipto a los 120 días se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, el tratamiento 1 (fertilización completa) con una media de 0,70, seguido del tratamiento 7 (deficiencia de azufre) con una media de 0,68 y el menor valor fue el tratamiento 8 (testigo absoluto) aplicando solamente agua con una media de 0.24.

Basándose al criterio de (Sáenz et al. 2010e), los rangos de calidad de Dickson va < 0,2 calidad baja y > de 0,5 calidad alta. Los valores están extremadamente elevadas a los rangos establecidos por (Sáenz et al. 2010f).

Por lo anterior mencionado se observa que las plantas con calidad alta corresponden a los tratamientos T1 (FC) y T7 (-S), ya que los valores son mayores a 0,5; sin embargo, los tratamientos T2 (-N) y T8 (TA) presentó plantas con menor valor de calidad de 0,51 y 0,24. En este caso puedo decir que la fertilización tuvo mucha influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas y se debería evaluar en un tiempo menor de 120 días.

### 3.1.4. Clorofila

En el análisis de varianza (Tabla 4-3), para clorofila, se determinó que fue altamente significativo desde los 90 días después del trasplante, entre los tratamientos contrastantes; se observa una media general 25,29 a 25,35 unidades SPAD, en los 90 y 120 días, respectivamente.

**Tabla 4-3:** Análisis de varianza para la variable clorofila, en la evaluación de los índices de calidad en plántulas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Pichincha 2021.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	
		90 ddt	120 ddt
Tratamientos	7	203,84 **	358,36 **
Repeticiones	3	13,74 **	16,25 NS
Error	21	2,1	22,41
Total	31		
C.V %		5,73	16,12
x (cm)		25,29	29,35

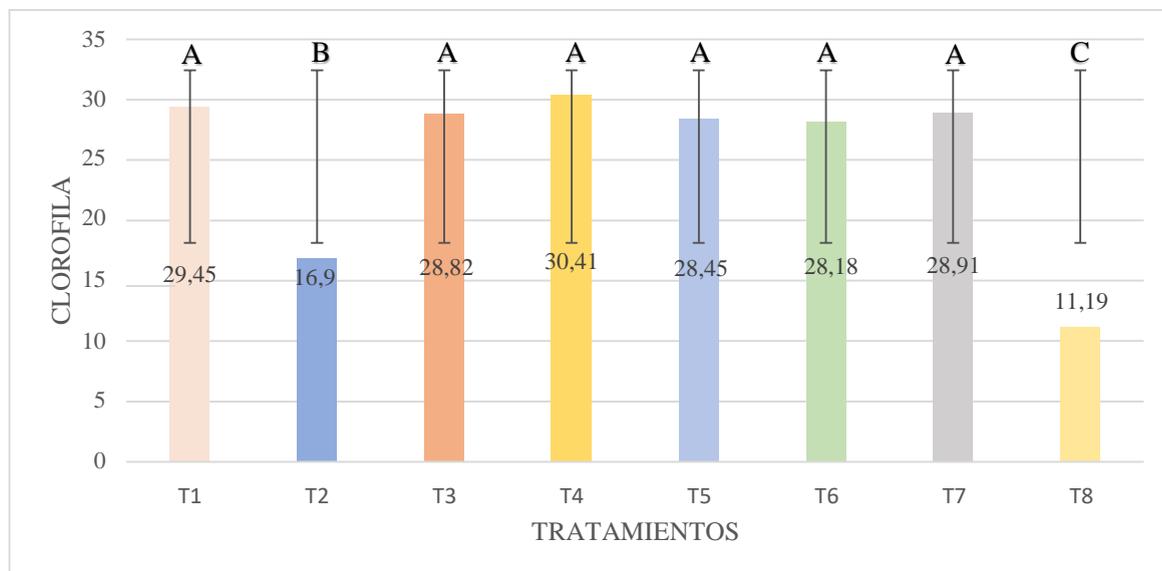
Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

Ddt= días después del trasplante.

Si la probabilidad es < 0,01 indica diferencias Altamente Significativas (\*\*).

Si la probabilidad es < 0,05 indica diferencias Significativas (\*).

Si la probabilidad es  $> 0,05$  No Significativo (NS).



**Gráfico 3-3.** Prueba de Tukey al 5% de Clorofila en plantas de eucalipto a los 90 días.

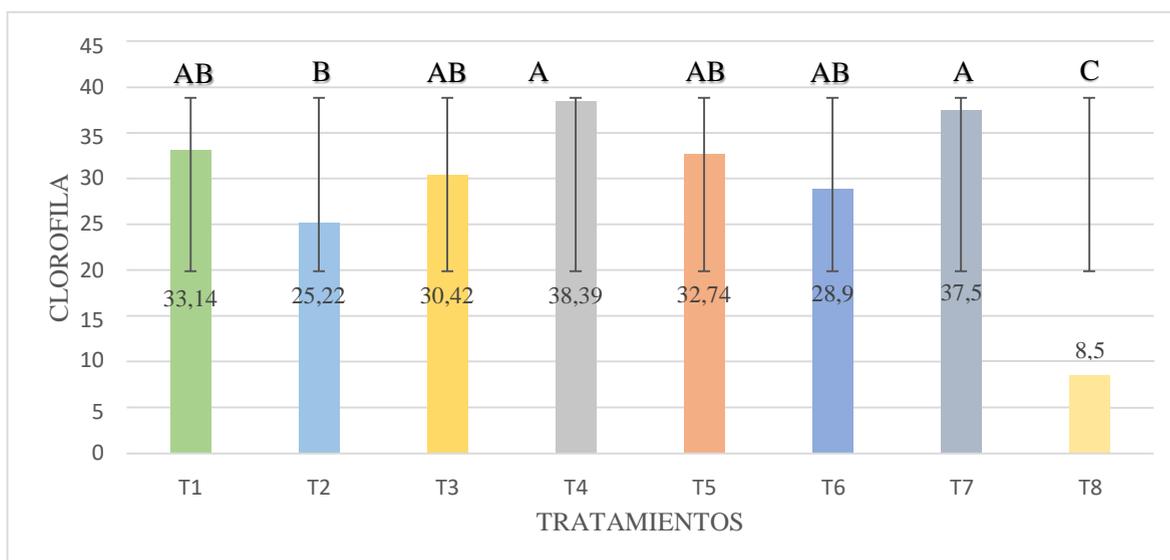
Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

Según el Gráfico 3-3. La Clorofila en plántulas de eucalipto a los 90 días se formaron **tres rangos**: **primer rango**: T1: fertilización completa, T3: deficiencia de fósforo, T4: ausencia de potasio, T5: se omitió calcio, T6: deficiencia de magnesio, T7: deficiencia de azufre; **segundo rango**: T2: de la fertilización completa se omitió nitrógeno y el **tercer rango**: T8: testigo, se indujo solamente agua.

Con mayor valor promedio de clorofila en plantas de eucalipto a los 90 días se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa el tratamiento 4 (menos potasio) con una media de 30,41 unidades SPAD, seguido del tratamiento 1 (fertilización completa) con una media de 29,45 unidades SPAD y el menor valor fue el tratamiento 8 testigo absoluto con una media de 11,19 unidades SPAD.

#### 3.1.4.1. Clorofila en plántulas de eucalipto a los 120 días.

En la variable clorofila en plantas de eucalipto a los 120 días según la prueba de Tukey, en el factor tratamiento existieron diferencias estadísticas ( $p < 0,01$ ).



**Gráfico 4-3.** Prueba de Tukey al 5% de Clorofila en plantas de eucalipto a 120 días.

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

Según el Gráfico 4-3. La clorofila en plantas de eucalipto a los 120 días se observa que se forman **4 rangos: primer rango:** T1: fertilización completa, T3: deficiencia de fósforo, T5: deficiencia de calcio, T6: deficiencia de magnesio; **segundo rango:** T2: se omitió nitrógeno; **tercer rango:** T4: ausencia de potasio, T7: ausencia de azufre y **cuarto rango:** T8: testigo absoluto.

Con mayor valor promedio de clorofila a los 120 días se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos, el tratamiento 4 (deficiencia de potasio) obtuvo una media de 38,39 unidades SPAD, seguido del tratamiento 7 (menos azufre) con una media de 37,5 unidades SPAD y el menor valor fue el tratamiento 8 (solamente agua) con una media de 8,5 unidades SPAD.

El contenido de clorofila en el tratamiento carente de K fue incrementando paulatinamente de 30,41 a 38,39 unidades SPAD, este resultado concuerda a lo mencionado por (Quiroz Marchant y Toro Vergara 2007), quienes afirman que el fertilizante nitrato de potasio son sales inertes sin carga eléctrica por ende mantienen niveles bajos de salinidad en la solución agua-nutrientes. Mientras que los tratamientos 2 (-N) y 6 (-Mg) ; presentaron bajo contenido de clorofila; 25,22; 28,90 unidades SPAD, respectivamente, estos elementos son constituyentes primordiales de la molécula clorofila y al presentar una carencia de estos elementos la producción de esta se reduce (Vasconcelos et al. 2009). En el testigo absoluto (TA) el valor es extremadamente baja de 8,50 unidades SPAD por lo que nos indica que es necesario fertilizar.

### 3.1.5. Color

Se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para la variable color Tabla (5-3), indicando diferencia significativa, a los 90 días después del trasplante ocupó el primer rango los tratamientos T1 (FC), T3 (-P), T4 (-K), T5 (-Ca), T6 (Mg) y T7 (-S); a los 120 días después del trasplante fue el tratamiento T1, T7 ocuparon este rango. Por el contrario, desde los 90 y 120 días el tratamiento 8 (TA) presentó una baja coloración por lo cual se ubicó en el último rango.

**Tabla 5-3.** Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis al 5% para la variable color.

Tratamientos	Color	
	90 ddt	120 ddt
1 FC	3,34 a	36,82 ab
2 -N	2,31 b	22,01 c
3 -P	3,34 a	27,09 bc
4 -K	3,22 a	31,40 a
5 -Ca	3,28 a	28,95 abc
6 -Mg	3,31 a	29,46 abc
7 -S	3,34 a	31,59 ab
8 TA	2,06 b	9,69 d

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

## 3.2. Efecto de la omisión de nutrientes en la producción de biomasa en la fase vegetativa.

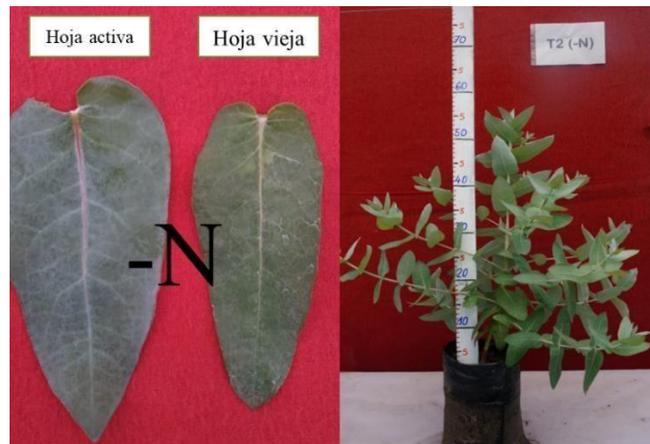
### 3.2.1. Síntomas visuales de deficiencias nutricionales

Los tratamientos que presentaron síntomas visuales de deficiencias nutricionales se detallan en la siguiente:

#### 3.2.1.1. Nitrógeno

El elemento faltante que más afectó en el crecimiento vegetativo de la planta de *E. globulus* fue el nitrógeno, lo cual se evidenció con más contundencia mediante clorosis generalizada en toda la planta y disminución en el área foliar, esta deficiencia se presentó a los 40 días después del trasplante.

### Deficiencia de nitrógeno



**Figura 1-3.** Deficiencia de nitrógeno, clorosis ligera en toda la planta.

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

### 3.2.1.2. Potasio

Los síntomas de deficiencia en K iniciaron a los 40 días después del trasplante presentando una breve clorosis en las hojas viejas en los espacios entre las nervaduras que se esparcen irregularmente por toda la superficie foliar. La deficiencia más avanzada, presenta clorosis y necrosis en hojas jóvenes, mientras que en hojas viejas se enrollan y se secan, este síntoma presenta a los 70 días.

### Deficiencia de potasio



**Figura 2-3.** Deficiencia de potasio, amarillamiento en los bordes de la hoja.

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

### 3.2.1.3. Azufre

Los síntomas de deficiencia de S en *E. globulus* a los 50 días después de trasplante se visualizó en el área internerval de las hojas jóvenes de color verde pálido y en el ápice de la planta presentó

la acumulación de antocianinas (follaje purpúreo). Mientras que, a los 70 días, ocurre una clorosis general de la hoja (uniformemente amarillas).

### Deficiencia de azufre



**Figura 3-3.** Deficiencia de azufre, enrojecimiento en la yema apical de la planta.

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

#### 3.2.1.4. Testigo absoluto

En estas plantas no se aplicó ningún fertilizante, más bien se realizó el riego con agua corriente viéndose afectado al crecimiento y al desarrollo de la planta. En este caso se presentó todas las deficiencias ya prescritas en lo anterior, por lo que la planta tuvo un menor DAP (mm) y altura (cm).

### Sin fertilizante



**Figura 4-3.** Testigo absoluto, deficiencias nutricionales.

Realizado por: Yucailla, Byron, 2021.

## CONCLUSIONES

Las plantas de eucalipto con deficiencia de N, K y S mostraron síntomas visibles en etapas fenológicas más avanzadas (60 y 90 ddt; respectivamente), en comparación con los elementos P, Ca, y Mg. La deficiencia de N se manifestó con plantas de color amarillo en las hojas viejas y avanzó hacia las hojas más jóvenes cuando la deficiencia fue severa.

Los nutrientes P, Ca y Mg, no presentaron síntomas de deficiencias nutricionales debido a que estos requerimientos estuvo por debajo de la concentración en la solución aplicada durante las etapas morfológicas evaluadas. Para el reconocimiento de las deficiencias nutricionales, se realizó un registro fotográfico y descripción de cada uno de los síntomas que presentaron en las plantas de eucalipto.

la omisión de elementos nutricionales del N, K, Ca y S, ocasionó un cambio en el nivel de fotosíntesis reflejado en el contenido de clorofila de las plantas de eucalipto; y como consecuencia en su producción de biomasa.

Los cálculos de índices nos permiten obtener un índice de calidad específico para cada situación, que permite evaluar de manera mejor las diferencias morfológicas entre plantas de una muestra, en este caso en el índice de robustez, Relación Biomasa aérea/Biomasa raíz y el índice de calidad de Dickson presentaron valores altos, considerándose plantas de buena calidad.

Las plantas no fertilizadas (TA) fue la mejor calidad en invernadero, mientras que las plantas fertilizadas mediante omisión de nutrientes mostraron mejores características con valores extremadamente altas a las de rango establecido. Por lo cual un desarrollo superior en las variables morfológicas, puede ser motivo de establecer un valor estándar por la calidad de planta.

## **RECOMENDACIONES**

La fertilización con bajas dosificaciones de nutrientes, no son visibles los síntomas de macro elementos, por lo que recomiendo aumentar la dosis de cada elemento, sobre todo que sea una dosis equilibrada y considerar el periodo de evaluación, ya que periodos más largos nos permiten derivar claramente cuál será el comportamiento de las plantas en etapas de crecimiento.

Ante el efecto de la omisión de nutrientes, en la fase vegetativa la raíz de la planta presentó un enrollamiento en la funda plástica, por lo que se recomienda utilizar fundas plásticas grandes, para no tener problemas al rato del muestreo destructivo y a la vez que no se vea afectado los valores de biomasa.

Para las evaluaciones dasométricas de las especies forestales en latifoliadas y coníferas se debe considerar el periodo de evaluación, como mínimo 3 meses y máximo de 8 meses y considerar los costos de producción por planta.

## GLOSARIO

**Alternaria sp.** Es un género de hongos ascomicetos que se asocia con frecuencia a la pudrición y descomposición de la planta, son evidentes en viveros e invernaderos por las altas temperaturas (Perelló y Larran 2013, p.17).

**Biomasa.** Una fuente de energía renovable, que puede estimar las cantidades potenciales de distintos productos, donde se puede estimar la eficiencia de un rodal forestal, también se puede realizar la relación suelo-agua-planta y elementos nutricionales con la productividad del sitio (Srivastava et al. 2020, párr. 6).

**Drenaje.** Despeje por medios naturales o artificiales de almacenamiento de agua en la superficie a lo largo del área del suelo (Camaño, 2019, p.35).

**Edafología.** Es la encargada de estudiar el suelo desde varios puntos de vista como: morfología, composición, propiedades, recuperación y conservación (Sanchez, 2016, p. 261 ).

**Epicoccum sp.** Es un hongo ubicuo que se encuentran en el suelo, aire, piedra y en tejidos vegetales. También es conocido por su potencial para producir distintas clases de metabolitos secundarios biológicamente activos (Lakatos y MS, 2016, párr. 3).

**Eucalipto.** Es un árbol originario de Australia alcanza una altura entre 65 a 70 m, sus hojas tienen un aroma agradable, además posee propiedades medicinales, pertenece a la familia *Myrtaceae* del género *Eucalyptus*.(Koopmans 2016, p. 45).

**Fenotipo.** Son cualidades y rasgos físicos observables de una especie, incluyendo su morfología, fisiología y conducta a todos los niveles de descripción como: color de ojos, color de cabello, estatura, etc. (Lanari 2017a, p.27).

**Genotipo.** Es el factor hereditario interno de un organismo, sus genes y por su extensión su genoma que interviene en el desarrollo de la especie (Lanari 2017b, p.27).

**Pulpa de papel.** Es materia prima para fabricación de papel que contiene minerales y fibras vegetales como la madera blanda y dura (More Calero, 2019, párr. 2).

**Sustrato.** Es un medio solido orgánico e inerte que son importantes para obtener planta en vivero con características morfológicas adecuadas (García et al., 2015, pp.1-18).

**Solución nutritiva.** Son fertilizantes solubles al agua y libre de impurezas que contiene macro y micronutrientes, necesarios para el crecimiento y desarrollo de la planta, en concentraciones óptimas (Sánchez et al., 2014, p. 261).

**Ulocladium sp.** Es un habitante común en el suelo y planta, muestran una similitud con los del género *Alternaria* sp. Esta adaptado para resistir alta radiación UV, soporta amplitudes térmicas y de muy baja humedad (Gannibal y Lawrence 2018, p. 293)

## BIBLIOGRAFIA

**AGUADO, G. et al.**, "Impacto de los sideróforos microbianos y fitosidéforos en la asimilación de hierro por las plantas: una síntesis". Revista Fitotecnia [en línea], 2012. (Mexico) 35(1), pp. 9-21. [Consulta: 15 mayo 2021] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v35n1/v35n1a4.pdf>

**AGUIRRE, N.** Adsorción de metales pesados (Pb y As) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) [en línea], Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química. Puno-Perú, 2017, p. 118. [Consulta: 8 julio 2021] Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7397/Aguirre\\_Achaquihui\\_Nathali\\_Yola.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7397/Aguirre_Achaquihui_Nathali_Yola.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**ANDREAU, R. et al.**, *Cultivo en Hidroponía: Soluciones nutritivas II*. [en línea], Buenos Aires, Argentina, 2015, pp. 91-108. [Consulta: 4 julio 2021] Disponible en: <http://www.aegrochapeco.com.br/admin/up/15508619841985827152Cultivoenhidroponiapdf.pdf#page=91>.

**ARAUZ HERRERA, N.** Criterios para el manejo de la fertilización en plantas de *Eucalyptus globulus* L. en condiciones de vivero en el Cantón San Miguel de Urququí, Hacienda Pisangacho, Provincia de Imbabura, año 2019[en línea]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Ambientales, Escuela de Ingeniería Forestal, Los Ríos - Ecuador, 2019. [Consulta: 4 julio 2021] Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3899/1/T-UTEQ-0104.pdf>.

**AVILÉS RAMOS, A.**, Posible amenaza del complejo *Gonipterus scutellatus* Gylenhall (1833) sobre las especies de *Eucalyptus* L'Hér (1789), debido a su introducción a Ecuador [en línea]. Quito, 2019. [Consulta: 15 mayo 2021] Disponible en: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17402/Monografia\\_final\\_Ana\\_Belén\\_Avilés.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17402/Monografia_final_Ana_Belén_Avilés.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**BERNAL, A. et al.**, "Contenido de azufre, aluminio, hierro y manganeso foliar en especies vegetales cultivadas en suelo sulfatado ácido". Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas [en línea], 2015. (Colombia) 9(2) pp. 279-289. [Consulta: 21 mayo 2021] Disponible en: [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias\\_hortícolas/article/view/4184/pdf](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/4184/pdf).

**BERNAOLA, R. et al.**, "Calidad de planta en etapa de vivero de dos especies de pino en sistema

Doble-Trasplante". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [en línea], 2016, (Mexico) 7(33), pp. 74-93. [Consulta: 10 junio 2021] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v7n33/2007-1132-remcf-7-33-00074.pdf>.

**BOOM, E. et al.**, "Evaluación de la actividad antioxidante de aceites esenciales de eucaliptos cultivados en Colombia". *Información tecnológica* [en línea], 2018, (Colombia) 29(6), pp. 57-66. [Consulta: 15 mayo 2021] Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v29n6/0718-0764-infotec-29-06-00057.pdf>.

**BUSH, D. & WALKER, J.**, *Developing a eucalypt resource: learning from Australia and elsewhere. Selecting and breeding eucalypts for natural durability.* [en línea], Nueva Zelanda, 2011, pp. 125-136. [Consulta: 17 mayo 2021] Disponible en: <https://nzdfi.org.nz/wp-content/uploads/2014/12/Developing-a-Eucalypt-Resource-Workshop-Proceedings-November2011.pdf#page=129>.

**CALIXTO, C. et al.**, "Crecimiento de *Cedrela odorata* e incidencia de *Hypsipyla grandetta* en respuesta al manejo nutrimental". *Bosque* [en línea], 2015, (Mexico), 36(2), pp. 265-273. [Consulta: 27 mayo 2021] Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v36n2/art12.pdf>.

**CAMAÑO, J.** Estudio de la respuesta hidrológica de cubiertas verdes para la zona central de Chile. [en línea], Universidad de Concepción, Dirección de Postgrado, Facultad de Ingeniería Agrícola - Programa de Doctorado en Ingeniería Agrícola con mención en Recursos Hídricos en la Agricultura, Chile, 2019, p. 35 [Consulta: 3 agosto 2021] Disponible en: [http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/1128/1/camanojavier\\_prog4203.Image.Marked.pdf](http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/1128/1/camanojavier_prog4203.Image.Marked.pdf).

**CARTES, P. et al.**, "Selenium improves the antioxidant ability against aluminium-induced oxidative stress in ryegrass roots". *Annals of Applied Biology* [en línea], 2010. 156(2), pp. 297-307. [Consulta: 16 julio 2021] Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.2010.00387.x>.

**CASTAÑEDA, C. et al.**, "Estimación de la concentración de clorofila mediante métodos no destructivos en vid (*Vitis vinifera* L.) cv. Riesling Becker". *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), (2018) (Colombia), pp. 329-337.

**CLAROS, J.** Bioinsecticidas de capsaicinoides y glucosinolatos en el control de los insectos plaga en las plantas de *Spartium junceum* L. (Fabales: Leguminosae) en el Valle del Mantaro. [en línea], Universidad Nacional del Centro del Perú, Escuela de Posgrado, Unidad de Posgrado de

la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. Perú, 2016. [Consulta: 25 mayo 2021]  
Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4566>.

**DARRIBA, A.** "El Género Eucalyptus (Myrtaceae) en Galicia: Claves y descripción". NACC: Nova acta científica compostelana. Biología [en línea], 2016, España, 23(23), pp. 3. [Consulta: 7 junio 2021] ISSN 1130-9717. Disponible en: <https://revistas.usc.gal/index.php/nacc/article/view/2962>.

**DÍAZ BARRAGÁN, O. et al.**, "Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (*Acacia melanoxylon*) para la recuperación de un suelo del municipio de Mondoñedo, Cundinamarca". Colombia Forestal [en línea], 2009, (Colombia)12(1), pp. 141-160. [Consulta: 16 mayo 2021] ISSN 0120-0739. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939612010.pdf>.

**DÍAZ, T. et al.**, Análisis de la producción de viveros y de la comercialización de plántulas en el área de influencia del Cantón Quevedo, Provincia de los Ríos para el establecimiento de plantaciones de Teca (Te. *Ciencia y Tecnología*), [en línea], 2010, Los Ríos 3(2), pp. 13-20. [Consulta: 27 mayo 2021] Disponible en: [https://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C1\\_3n22010.pdf](https://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C1_3n22010.pdf)

**DOMINGO, J.** "El eucalipto y los suelos bajo clima mediterráneo". *Bol. Inf. CIDEU*, 8(9), 2010. pp. 15-30.

**DUSSAN, S. et al.**, "Efecto de la deficiencia de N, P, K, Mg, Ca y B sobre la acumulación y distribución de la masa seca en plantas de guayaba (*Psidium guajava* L.) var. Ica Palmira II en fase de vivero". Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas [en línea], 2016, Colombia, 10(1), pp. 40-52. [Consulta: 15 mayo 2021] ISSN 2422-3719. Disponible en: [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias\\_horticolos/article/view/4277/pdf](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_horticolos/article/view/4277/pdf).

**FAIRHURST, T.** "Guía práctica para el manejo de nutrientes". Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) [en línea], 2002. pp. 55. [Consulta: 18 junio 2021] Disponible en: [https://scholar.google.es/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=es&user=Sx9O4\\_cAAAAJ&citation\\_for\\_view=Sx9O4\\_cAAAAJ:9yKSN-GCB0IC](https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=Sx9O4_cAAAAJ&citation_for_view=Sx9O4_cAAAAJ:9yKSN-GCB0IC).

**FERNÁNDEZ, P. et al.**, "Estado de los elementos químicos esenciales en suelos de los sistemas natural, agroforestal y monocultivo". Revista Mexicana de Ciencias Forestales [en línea], 2016,

México, 7(35), pp. 65-77. [Consulta: 16 mayo 2021] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v7n35/2007-1132-remcf-7-35-00065.pdf>.

**FERRAZ, A. et al.**, "Soil fertility, growth and mineral nutrition in Eucalyptus grandis plantation fertilized with different kinds of sewage sludge". *New Forests* [en línea], 2016. 47(6), pp. 861-876. [Consulta: 4 agosto 2021] Disponible en: <https://sci-hub.se/https://link.springer.com/article/10.1007/s11056-016-9549-1>.

**FERTILAB.**, "El pH y la CE de la Solución Nutritiva". [en línea], 2018. pp. 7-9. [Consulta: 15 septiembre 2021] Disponible en: [https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/El pH de la Solucion Nutritiva.pdf](https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/El_pH_de_la_Solucion_Nutritiva.pdf).

**FRANCO, V.** Dosis y frecuencias de fertilización fosforada en el establecimiento de plantaciones de eucalyptus grandis en un Andisol Colombiano. [en línea], Universidad Nacional A Distancia UNAD, Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente, Programa de Ingeniería Agroforestal, Palmira Valle Del Cauca, 2014. [Consulta: 10 julio 2021] Disponible en: [https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25576/TESIS VICTOR MAURICIO BETANCOURT.pdf;jsessionid=7BB9C6EE09FC4BE922E067BE3943D036.jvm1?sequence=1](https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25576/TESIS_VICTOR_MAURICIO_BETANCOURT.pdf;jsessionid=7BB9C6EE09FC4BE922E067BE3943D036.jvm1?sequence=1)

**GANNIBAL, P. & LAWRENCE, D.** "Distribution of Alternaria species among sections. 6. Species formerly assigned to genus Ulocladium". *Mycotaxon* [en línea], 2018, California, 133(2), pp. 293-299. [Consulta: 11 junio 2021] Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Lawrence-4/publication/327944814\\_Distribution\\_of\\_Alternaria\\_species\\_among\\_sections\\_6\\_Species\\_formerly\\_assigned\\_to\\_genus\\_Ulocladium/links/5bae7a68299bf13e60549b97/Distribution-of-Alternaria-species-among-sections](https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Lawrence-4/publication/327944814_Distribution_of_Alternaria_species_among_sections_6_Species_formerly_assigned_to_genus_Ulocladium/links/5bae7a68299bf13e60549b97/Distribution-of-Alternaria-species-among-sections).

**GARCÍA, D. et al.**, "El potencial de las bacterias purpuras no sulfurosas (BPNS) en la producción biológica de hidrógeno". *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal* [en línea], 2015, 6(1), pp. 1-18. [Consulta: 5 junio 2021] ISSN 2007-2570. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.7603/s40682-015-0001-6>.

**GARZÓN, G.** Evaluación del proceso de pirolisis de material lignoceluloso proveniente del eucalipto en atmosfera de dióxido de carbono. [en línea], Universidad Libre, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Mecánica, Colombia, 2018. [Consulta: 19 julio 2021] Disponible en: [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11026/DOCUMENTO FINAL GIOVANNIESTEBAN GARZON TORRES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11026/DOCUMENTO_FINAL_GIOVANNIESTEBAN_GARZON_TORRES.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**GARCÍA, J. et al.**, "Magnesio y su relación con la calidad de *Lilium* cv. Casablanca". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2015, México- 6(2), pp. 265-276. [Consulta: 16 mayo 2021] ISSN 2007-0934. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n2/v6n2a4.pdf>.

**GASTELUM, D. et al.**, Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* [en línea], 2013, México, 19(2), pp. 197-210. [Consulta: 6 agosto 2021] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v19n2/v19n2a6.pdf>.

**GILSANZ, J.** "Hidropinia". Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria [en línea], 2007. pp. 32. [Consulta: 19 septiembre 2021] Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf>.

**GONZÁLES, M. et al.**, "Efecto del nitrógeno en los parámetros fotosintéticos y de producción del cultivo de la gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus ex Hook. f.)". *Revistas UNAL. Acta Agronómica* [en línea], 2016, Colombia, 65(3), pp. 255-260. [Consulta: 11 agosto 2021] Disponible en: [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/49555](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/49555).

**GONZÁLEZ, M., et al.**, "Efecto de la concentración de fósforo y calcio sobre atributos morfo-fisiológicos y potencial de crecimiento radical en plantas de *Aextoxicon punctatum* producidas a raíz cubierta en la etapa de endurecimiento". *Bosque (Valdivia)* [en línea], 2020, Chile, 41(2), pp. 137-146. [Consulta: 19 septiembre 2021] ISSN 0717-9200. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v41n2/0717-9200-bosque-41-02-137.pdf>.

**GONZÁLVEZ, V. & POMARES, F.** "La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos". *Sociedad Española de Agricultura Ecológica SEAE* [en línea], 2008, pp. 24. [Consulta: 15 mayo 2021] Disponible en: <https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/manuales-tecnicos/manual-fertilizacion-fpomares.pdf>.

**HERRERA, W. et al.**, "Crecimiento inicial de Palo de Rosa (*Aniba rosaedora* Ducke) en distintos ambientes de fertilidad". *Acta Amazonica* [en línea], 2010, Brazil, 40(4), pp. 693-698. [Consulta: 18 junio 2021] Disponible en: <https://www.scielo.br/j/aa/a/PWP84vr5ynnblJH5YGmJKsM/abstract/?lang=es>.

**INTAGRI**, "Los Elementos Benéficos para las Plantas". *Intagri* [en línea], 2009. [Consulta: 19 mayo 2021] Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/los-elementos->

beneficos-para-las-plantas.

**JORDÁN TAPIA, A.** 2017. Evaluación del efecto de la aplicación del fertilizante foliar 25-16-12 en el crecimiento de plantas de *Caesalpinia spinosa* (Guarango), parroquia La Península, cantón Ambato, provincia de Tungurahua [en línea], Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, Riobamba - Ecuador, 2017 [Consulta: 7 junio 2021] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7666>.

**JUAREZ, J.** La Satisfacción De Las Necesidades De Los Clientes En Los Centros Veterinarios de la Ciudad de Tingo María" [en línea], Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Agronomía, 2010. [Consulta: 7 junio 2021] Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/181/ADM49.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**KAUR, S. et al.,** "Beneficial elements for agricultural crops and their functional relevance in defence against stresses". *Archives of Agronomy and Soil Science* [en línea], 2016, 62(7), pp. 905-920. [Consulta: 11 junio 2021] Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03650340.2015.1101070>.

**KOOPMANS, J.,** "Além do eucalipto: o papel do Extremo Sul. *Cadernos do CEAS: Revista crítica de humanidades* [en línea], 2016, 222, pp. 45-58. [Consulta: 13 julio 2021] Disponible en: <https://periodicos.ucsal.br/index.php/cadernosdoceas/article/view/180>.

**KYRKBY, E. & RÖMHELD, V.** "Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad". *Informaciones Agronomicas* [en línea], 2007. pp. 1-21. [Consulta: 15 mayo 2021] Disponible en: <https://portalfruticola.storage.googleapis.com/2016/12/MicronutrientesenlaFisiologia.pdf>.

**LAKATOS, R.** Examining the Potential Use of Fungi in Forensic Science. *Pathology* [en línea], Purdue University, Indiana, 2016. 6(3), pp. 180-194. [Consulta: 14 junio 2021] Disponible en: <file:///C:/Users/DELL/Downloads/R.FanniLakatosThesis.pdf>.

**LANARI, M.** Variación y diferenciación genética y fenotípica de la Cabra Criolla Neuquina en relación con su sistema rural campesino. [en línea], Universidad del Comahue, Centro Regional Universitario Bariloche, San Carlos de Bariloche, 2017. [Consulta: 13 agosto 2021] Disponible en: <http://rdi.uncoma.edu.ar:8080/handle/123456789/187>.

**LATSAGUE, M. et al.**, "Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, sobre el contenido foliar de carbohidratos, proteínas y pigmentos fotosintéticos en plantas de *Berberidopsis corallina* Hook. f". *Gayana. Botánica* [en línea], 2014, Chile, 71(1), pp. 37-42. [Consulta: 21 agosto 2021] ISSN 0717-6643. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/gbot/v71n1/07.pdf>.

**MARTÍNEZ, F. et al.**, "Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.)". *Agronomía Colombiana* [en línea], 2008, Colombia, 26(3), pp. 389-398. [Consulta: 15 mayo 2021] ISSN 0120-9965. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180314731003.pdf>.

**MORALES PÉREZ, E.** Indicadores de calidad de planta en viveros forestales del estado de Tamaulipas. [en línea], Universidad Autónoma De Nuevo León, 2018. pp. 104. [Consulta: 13 julio 2021] Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/15965/>.

**MORE CALERO, J.** Aprovechamiento del residuo de pinzote del cultivo de banano para la obtención de pulpa de papel. [en línea], Universidad Nacional De Piura, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería, Agroindustrial e Industrias Alimentarias, Piura-Perú, 2019. [Consulta: 8 junio 2021] Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1869>.

**OMONTE, M. et al.**, Variation of green moisture content and basic density of wood in eucalyptus nitens trees with sawable dimensionss. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 21(3), 2019. pp. 413-424. ISSN 0718221X.

**PAILLACHO, C.**, Evaluación del crecimiento inicial de *Eucalyptus urograndis*, *Gmelina arborea* Roxb Y *Ochroma pyramidale* Cav bajo la aplicación de cuatro dosis de potasio en la hacienda Zoila Luz del cantón Santo Domingo. [en línea], Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias, Santo Domingo de Los Tsáchilas, 2010. pp. 114. [Consulta: 13 septiembre 2021] Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2966/1/T-ESPE-IASA-II-002329.pdf>.

**PERELLÓ, A. & LARRAN, S.** "Nature and effect of *Alternaria* spp. complex from wheat grain on germination and disease transmission". *Pakistan Journal of Botany* [en línea], 2013, Buenos Aires, 45(5). [Consulta: 5 agosto 2021] Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/97646>.

**PÉREZ, C. et al.**, "Aplicación de la parametrización a *Eucalyptus nitens* del modelo 3-PG a ensayos de procedencias de la especie en Galicia, España". [en línea], 2015, Chile, 21(2) [Consulta: 9 junio 2021] Disponible en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/20833/31366-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**PEREZ, D.**, Evaluación preliminar de cultivos hortícolas obtenidos por un método alternativo a la Hidroponía Popular de la FAO [en línea], Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos", Facultad de Agronomía. Matanzas, 2014. [Consulta: 24 julio 2021] Disponible en: [http://cict.umcc.cu/repositorio/tesis/Trabajos de Diploma/Agronomía/2009/Evaluación preliminar de cultivos hortícolas obtenidos por un método alternativo a la Hidroponía Popular de la FAO \(Dayrom Pérez Denis\).pdf](http://cict.umcc.cu/repositorio/tesis/Trabajos de Diploma/Agronomía/2009/Evaluación preliminar de cultivos hortícolas obtenidos por un método alternativo a la Hidroponía Popular de la FAO (Dayrom Pérez Denis).pdf).

**PREHN, D. et al.**, Efecto de la fertilización en *Guindilia trinervis* en su hábitat natural y en invernadero. *Bosque (Valdivia)* [en línea], 2013, Chile, 34(2), pp. 243-252. [Consulta: 5 agosto 2021] ISSN 0717-9200. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v34n2/art13.pdf>.

**QUIMIS, R.** Producción de plantas de tres especies forestales, guayacán (*tabebuia chrysantha*), balsamo (*myroxilón balsamun.*), madero negro (*tabebuia impetiginosa*), en peligro de extinción con tres dosis de fertilización completa [en línea], Universidad Estatal del Sur de Manabí, Unidad Académica de Ciencias Forestales, Ambientales y Agropecuarios, Jipijapa-Manabí- Ecuador, 2012. [Consulta: 19 mayo 2021] Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/114/1/TESIS DE GRADO.pdf>.

**QUIROZ, I. & TORO, J.** *Fertilización de eucalyptus globulus producidos en contenedores* [en línea]. Chile: INFOR: CORFO, 2007. [Consulta: 10 julio 2021] ISBN 9568274928. Disponible en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/17186>.

**RAMOS, A. & LOMBARDI, I.** "Calidad de plantas en un vivero de tecnología intermedia en Huánuco: Estudio de caso con ("Eucalipto urograndis")". *Revista Forestal del Perú* [en línea], 2020, Perú, 35(2), pp. 132-145. [Consulta: 8 agosto 2021] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v35i2.1581>.

**RAMOS, J.** Avances de la micropropagación in vitro de plantas leñosas. [en línea], Universidad Nacional Abierta y A Distancia (UNAD), Especialización en Biotecnología Agraria, Bogotá, 2012. [Consulta: 25 agosto 2021] Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2515/17127974.pdf?sequence=1&isAllo>

wed=y.

**REYES, J. et al.**, "Aplicaciones del Quitosano como bioestimulante y promotor de la nutrición en el cultivo de cereales". *Nutrición mineral de las plantas. Biofortificación con micronutrientes en cultivos agrícolas* [en línea], 2018. [Consulta: 17 junio 2021] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/339181876\\_Aplicaciones\\_del\\_Quitosano\\_como\\_bioestimulante\\_y\\_promotor\\_de\\_la\\_nutricion\\_en\\_el\\_cultivo\\_de\\_cereales](https://www.researchgate.net/publication/339181876_Aplicaciones_del_Quitosano_como_bioestimulante_y_promotor_de_la_nutricion_en_el_cultivo_de_cereales).

**REYES, L.** "La enseñanza de la edafología en el marco del pilar 2 de la alianza mundial por el suelo y los objetivos del desarrollo sostenible". *Suelos Ecuatoriales* [en línea], 2016. 46(1 y 2), pp. 112-119. [Consulta: 14 julio 2021] Disponible en: [http://www.unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos\\_ecuatoriales/article/view/65/58](http://www.unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/65/58).

**RIJCK, G. & SCHREVEENS, E.**, Comparison of the mineral composition of twelve standard nutrient solutions. *Journal of plant nutrition* [en línea], 1998, 21(10), pp. 2115-2125. [Consulta: 7 junio 2021] Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904169809365548>

**ROBOL, R.** Efecto de la aplicación de boro foliar sobre la fructificación y producción del avellano en el Valle Inferior de Rio Negro [en línea]. Universidad Nacional de Rio Negro, 2021. [Consulta: 13 junio 2021] Disponible en: [https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/7963/1/Robol\\_Rocío-2021.pdf](https://rid.unrn.edu.ar/bitstream/20.500.12049/7963/1/Robol_Rocío-2021.pdf).

**ROJAS, J.** Fertilidad de suelos en plantaciones forestales del trópico colombiano. [en línea], Universidad Nacional de Colombia, Facultad Ciencias, Escuela de Geociencias, Medellín, Colombia 2015. [Consulta: 14 agosto 2021] Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55674/98452226.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**SÁENZ, J. et al.**, *Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán*. [en línea] México: SAGARPA-INIFAP-CIRPAC, 2010. [Consulta: 21 septiembre 2021] Disponible en: <https://docplayer.es/17222741-Calidad-de-planta-en-viveros-forestales-de-clima-templado-en-michoacan.html>.

**SÁNCHEZ-, F. et al.**, "Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva". *Revista Fitotecnia Mexicana* [en línea], 2014, México, 37(3), pp. 261-269. [Consulta: 19 junio 2021] Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802014000300013](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802014000300013).

**SARANGO, A.** "Consultoría: Fortalecer la Gestión Integral Forestal en el DMQ, en el marco de las Políticas y lineamientos estratégicos para la conservación y el desarrollo sostenible que se lidera desde la Secretaría de Ambiente". Modelo de Gestión Forestal. [en línea], 2013, Quito. [Consulta: 15 septiembre 2021] Disponible en: [http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria\\_Ambiente/Documentos/patrimonio\\_natural/recuperacion\\_covertura\\_vegetal/modelo\\_gestion\\_forestal\\_dmq.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/patrimonio_natural/recuperacion_covertura_vegetal/modelo_gestion_forestal_dmq.pdf).

**SEPÚLVEDA, Y. et al.**, "Effects of light intensity and fertilization on the growth of Andean oak seedlings at nursery". Acta Biológica Colombiana [en línea], 2014, Colombia, 19(2), pp. 211-220. [Consulta: 17 julio 2021] Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/40091/44388>.

**SERRADILLA, J.** "El Eucalipto en la sociedad y el Medio Forestal". [en línea], 2000, p. 12. [Consulta: 21 agosto 2021] Disponible en: <https://www.uhu.es/cideu/PreWeb/docpdf/RevMontesdelTexto8.pdf>.

**SIX, J.** "Plant nutrition for sustainable development and global health". *Plant and Soil* [en línea], 2011, 339(1), pp. 1-2. [Consulta: 25 julio 2021] Disponible en: <https://sci-hub.se/https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-010-0677-7>.

**SOLÍS, J.** Exportación potencial de magnesio, hierro y manganeso con una plantación de *Eucalyptus nitens* a los siete años de edad. [en línea], (Trabajo de titulación), Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Valdivia. 2010. [Consulta: 21 agosto 2021] Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fifs687e/doc/fifs687e.pdf>.

**SRIVASTAVA, N., et al.**, Biofuel production technologies: critical analysis for sustainability [en línea]. 2020, Springer Nature. [Consulta: 27 mayo 2021] ISBN 9811386374. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-16-1862-8>.

**STEINER, A.** "Selective compacity of tomato plants for ions in a nutrient solution". International Congress on Soilless Culture, 3d, [en línea]. 1973, Sassari, [Consulta: 13 julio 2021] Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201303114015>.

**TEJEDA, O. et al.**, "Fuentes fertilizantes orgánicas y minerales en *Laelia anceps* Lindl. subsp. *anceps* (Orchidaceae) en fase vegetativa". Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas [en línea], 2013, México, 4(5), pp. 951-965. [Consulta: 4 agosto 2021] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4nspe5/v4spe5a8.pdf>.

**TEXIER, W.** "Hidroponía para todos: todo sobre la horticultura en casa [en línea], 2013. [Consulta: 4 agosto 2021] ISBN 2845940823. Disponible en: <https://bureauinsurance.com/es/temperatura-de-la-solucion-nutritiva/>.

**VARELA, S. et al.,** Sustratos alternativos en la producción de plantines forestales. [en línea], 2013, Neuquén [Consulta: 22 agosto 2021] Disponible en: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/6717/CONICET\\_Digital\\_Nro.9021\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/6717/CONICET_Digital_Nro.9021_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y).

**VARGAS, M. et al.,** "Efecto de las deficiencias de algunos nutrientes en plantas de lulo (*Solanum quitoense* var. *quitoense*) en etapa de vivero". Revista Facultad de Ciencias Básicas [en línea], 2009, (Nueva Granada) 5(1-2), pp. 64-81. [Consulta: 10 junio 2021] ISSN 2500-5316. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/2122>.

**VASCONCELOS, E. et al.,** "Avaliação do estado nutricional azotado de pés-mãe de *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus* com recurso a um medidor portátil de clorofila". Revista de Ciências Agrárias [en línea], 2009, pp. 40-49. [Consulta: 24 agosto 2021] ISSN 0871-018X. Disponible en: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/1459/1/REP-E.Vasconcelos-v32n1a04.pdf>.

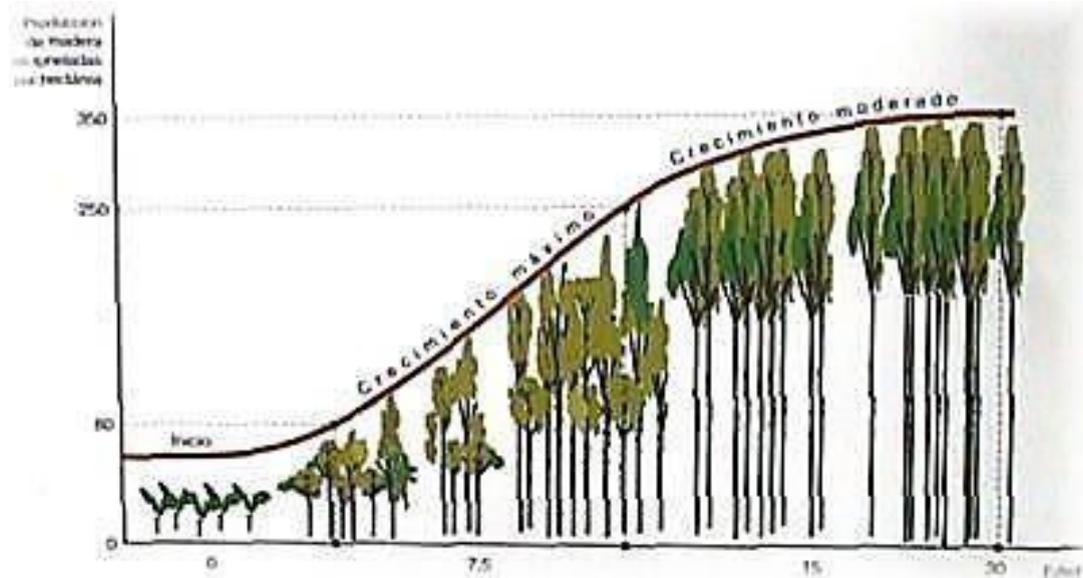
**VÁSQUEZ, G.,** Influencia de hongos micorrizales, en el crecimiento inicial de *Cedrelinga catenaeformis* Ducke, *Swietenia macrophylla* King, *Guazuma crinita* Martius-Río Negro-Satipo. [en línea], Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal Tropical, Satipo - Perú, 2014. [Consulta: 11 julio 2021] Disponible en: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3987/VasquezAltamirano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.



Firmado electrónicamente por:  
**CRISTHIAN  
FERNANDO  
CASTILLO RUIZ**

## ANEXOS

### ANEXO A: FASE FENOLÓGICA DEL EUCALIPTO.



**ANEXO B:** PARA CALCULAR EL PESO EQUIVALENTE, SE UTILIZÓ LOS PESOS ATÓMICOS Y VALENCIA DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO.

Especie química	Forma de absorción	Peso atómico	Valencia
Hidrógeno	H	1	1
Oxígeno	O	16	2
Nitrógeno	$\text{NO}_3^-$ , $\text{NH}_4^+$	14	1
Fosforo	$\text{PO}_4^{3-}$	30.9	3
Potasio	$\text{K}^+$	39.1	1
Calcio	$\text{Ca}^{2+}$	40.1	2
Magnesio	$\text{Mg}^{2+}$	24.3	2
Sulfato	$\text{SO}_4^{2-}$	32.1	2
Zinc	$\text{Zn}^{2+}$	65.4	2
Cobre	$\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Cu}^+$	63.5	2
Hierro	$\text{Fe}^{2+}$	55.8	2
Manganeso	$\text{Mn}^{2+}$	54.1	2
Boro	$\text{BO}_3^{3-}$	10.8	3
Molibdeno	$\text{MoO}_4^{6-}$	95.9	6
Cobalto	$\text{Co}^{2+}$	58.9	2

Con el peso atómico y la valencia de cada elemento se procedió a calcular el peso equivalente de cada especie química. Por ejemplo, para el nitrógeno, utilizó la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{PA}{V}$$

Donde:

PE= Peso equivalente.

PA= Peso atómico.

V= Valencia.

Reemplazamos y obtenemos que:

$$PE = \frac{14 \text{ g}}{1}$$

$$PE = 14 \text{ g}$$

Mediante el cálculo realizado, se repitió para los demás elementos, exceptuando el fósforo y azufre.

Para el caso del fósforo (P), se obtuvo el peso equivalente como fosfato  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , para esto se procedió a calcular el peso molecular del fosfato y se dividió para los hidrógenos que el fertilizante pierde. A continuación, el cálculo:

H = 1 g.

P = 30.9 g.

O = 16 g.

La fórmula del fosfato ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), nos indica que tiene 3 átomos de hidrogeno, 1 átomo de fosforo y 4 átomos de oxígeno; se procedió a multiplicar el peso atómico de cada elemento por el número de átomos:

$3\text{H} = 3 \times 1\text{g} = 3 \text{ g.}$

$1\text{P} = 1 \times 30.9 \text{ g} = 30.9 \text{ g}$

$4\text{O} = 4 \times 16 \text{ g} = 64 \text{ g.}$

Luego se realizó la respectiva suma del peso molecular del  $H_3PO_4$ , dando como resultado de 97.7 g; con este peso se empleó también para calcular la cantidad de reactivo que se utilizó para preparar un litro de solución madre.

Restando del peso molecular del  $H_3PO_4$  los 3 hidrógenos tenemos el peso molecular oficial del fosfato que es de 94.9 g, luego aplicamos la fórmula del peso equivalente, que es la siguiente:

$$PE = \frac{94.9 \text{ g}}{3}$$

$$PE = 31.6 \text{ g}$$

El peso equivalente del PO es igual a 31.6 g.

El procedimiento de cálculo para el  $H_2SO_4$  se repite.

En la tabla 0, se detallan los pesos equivalentes del resto de elementos esenciales.

#### ANEXO C: PESO EQUIVALENTE DE LOS ELEMENTOS ESENCIALES.

Especie química	Símbolo	Peso equivalente (g)
Nitrógeno	N	14
Fosfato	PO <sub>4</sub>	31.6
Potasio	K	39.1
Calcio	Ca	20.0
Magnesio	Mg	12.2
Sulfato	SO <sub>4</sub>	48.0
Zinc	Zn	32.7
Cobre	Cu	31.8
Hierro	Fe	27.9
Manganeso	Mn	27.0
Boro	B	3.6
Molibdeno	Mo	15.9
Cobalto	Co	29.5

Conversión de meq l a mg l o parte por millón (ppm), a continuación, se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{mg l}^{-1} = \text{meq l}^{-1} \times \text{PE}$$

Donde:

mg l<sup>-1</sup> = miligramos por litro o ppm.

meq l<sup>-1</sup> = Miliequivalente por litro.

PE = Peso Equivalente.

Se reemplaza y obtenemos que:

$$\text{mg l}^{-1} = 12 \times 14.$$

$$\text{mg l}^{-1} = 168.$$

Loa  $\text{mg l}^{-1}$  requeridos de N son 168.

#### ANEXO D: PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN MADRE Y ALÍCUOTA.

Para determinar los gramos de fertilizante que se emplearon para preparar cada solución madre se utilizó la siguiente formula:

$$CF = \frac{\text{mg } E}{1 l} \times \frac{1 g E}{1000 \text{ mg } E} \times \frac{PMol}{Pa E} \times \frac{100\%}{PF}$$

Dónde:

CF: Cantidad del fertilizante (g).

mg E: concentración del elemento por litro de agua ( $\text{mg l}^{-1}$ ).

PMol= Peso molecular del fertilizante (g).

Pa E = peso atómico del elemento (g).

PF = pureza del fertilizante (%).

E = elemento.

100% = constante.

$$CF = \frac{200000 \text{ mg } N}{1 l} \times \frac{1 g E}{1000 \text{ mg } E} \times \frac{80,0 g \text{ NH}_4 \text{ NO}_3}{(14 \times 2) g N} \times \frac{100\%}{98,5\%}$$
$$CF = 580,4 \text{ g NH}_4 \text{ NO}_3 \text{ l}^{-1}$$

Por lo tanto, se pesó 580,4 g de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  para preparar la solución madre de este fertilizante.

Para tomar la alícuota de esta solución madre se estableció la cantidad de litros que se prepararon semanalmente, para el experimento fue de 24 l y para el cálculo se empleó la siguiente formula:

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

Donde:

$C_1$  = concentración solución madre ( $\text{mg l}^{-1}$ ).

$C_2$  = concentración de solución nutritiva ( $\text{mg l}^{-1}$ ).

$V_1$  = volumen a tomar de la solución madre (l).

$V_2$  = volumen a tomar de la solución nutritiva a preparar (l).

$$200000 \text{ mg l}^{-1} \times V_1 = 168 \text{ mg l}^{-1} \times 24 \text{ l}$$

$$V_1 = \frac{168 \text{ mg l}^{-1} \times 24 \text{ l}}{200000 \text{ mg l}^{-1}}$$

$$V_1 = 0,02 \text{ l}$$

La alícuota que se tomó de la solución madre del Fertilizante  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  es de 20 ml.

#### ANEXO E: PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN MADRE.



#### ANEXO F: PREPARACIÓN DE SOLUCIONES PARA LA OMISIÓN DE NUTRIENTES.



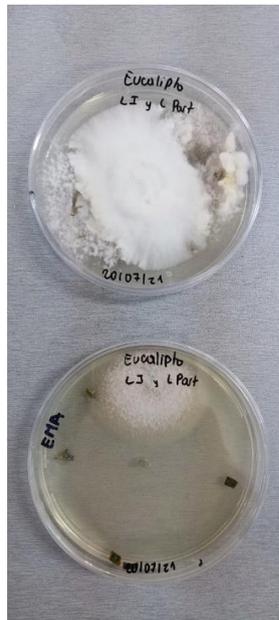
**ANEXO G: MEDICIÓN DE VARIABLES DASONÓMICAS DE LA ESPECIE *Eucalyptus Globulus*.**

Tratamiento	Repetición	1ra Eva		2da Eva		3ra Eva		4ta Eva	
		7/6/2021		2/7/2021		2/8/2021		1/9/2021	
		DAC 1	AI 1	DAC 2	AI 2	DAC 3	AI 3	DAC 4	AI 4
		mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
1	1	0.29	19.75	4.72	34.75	6.54	54.50	9.08	72.50
1	2	0.27	20.50	4.25	36.25	7.74	52.25	11.13	69.00
1	3	0.30	22.50	5.58	36.25	7.76	50.25	10.50	67.00
1	4	0.54	22.63	5.45	36.25	7.49	51.25	10.76	64.00
2	1	0.26	19.25	4.63	31.75	6.78	45.50	8.24	55.00
2	2	0.31	23.50	4.41	36.00	6.53	49.00	7.87	61.75
2	3	0.27	18.25	3.62	26.50	6.29	38.75	8.43	50.25
2	4	0.25	16.88	3.61	31.00	5.75	43.00	7.93	53.25
3	1	0.24	22.75	5.07	37.50	7.68	54.25	9.64	69.00
3	2	0.22	18.00	4.86	30.75	7.22	48.25	10.59	65.00
3	3	0.31	22.50	5.15	36.75	6.99	53.75	10.20	68.50
3	4	0.27	20.63	5.55	35.00	7.41	49.25	9.77	62.75
4	1	0.25	21.50	5.49	35.00	7.43	51.50	9.58	68.00
4	2	0.22	18.63	4.22	32.00	7.01	50.50	10.34	68.50
4	3	0.27	19.50	5.34	29.75	7.39	44.75	10.26	58.25
4	4	0.28	22.88	4.95	33.50	7.48	50.75	10.62	68.50
5	1	0.25	20.88	4.92	34.75	7.27	52.25	8.81	66.50
5	2	0.28	20.88	4.90	35.25	7.26	52.00	9.79	68.00
5	3	0.24	20.00	4.87	34.25	7.28	51.50	10.06	62.50
5	4	0.23	18.25	5.66	35.75	7.80	53.50	9.92	69.00
6	1	0.24	19.88	5.07	32.75	8.10	50.25	9.70	64.00
6	2	0.28	22.38	5.39	37.75	7.45	55.00	9.81	67.50
6	3	0.30	22.75	5.35	40.00	7.42	54.00	10.05	64.00
6	4	0.28	22.13	4.95	36.50	7.89	52.25	10.84	66.25
7	1	0.31	22.88	5.50	39.00	7.25	52.75	10.19	65.00
7	2	0.21	17.25	4.73	31.25	6.76	46.00	9.67	60.00
7	3	0.23	17.88	4.20	32.00	6.93	45.75	9.91	63.50
7	4	0.23	18.13	5.45	34.00	7.06	50.50	9.19	65.25
8	1	0.24	18.63	3.86	27.00	5.19	36.25	5.88	44.25
8	2	0.20	17.75	3.87	26.25	5.38	36.75	6.45	42.75
8	3	0.33	23.13	4.29	32.75	5.71	41.50	6.67	49.00
8	4	0.24	20.88	3.88	27.50	4.89	34.25	6.08	40.25

**ANEXO H: ESPORA DEL HONGO *Alternaria SP.***



**ANEXO I: HONGO *Epicoccum SP.***



**ANEXO J: HONGO *Ulocladium Sp.***





**epoch**

**Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 30 / 03 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>	
Nombres – Apellidos: BYRON DAVID YUCAILLA GUAYLLA	
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>	
Facultad: Recursos Naturales	
Carrera: INGENIERÍA FORESTAL	
Título a optar: INGENIERO FORESTAL	
f. responsable:	 Firmado electrónicamente por: CRISTHIAN FERNANDO CASTILLO RUIZ



0427-DBRA-UTP-2022