



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

**APLICACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN PLANTULAS DE
YAGUAL (*Polylepis racemosa*) EN LA COMUNIDAD TIOCAJAS DEL
CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**

TRABAJO DE TITULACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

GUARACA GUASHPA HOLGUER GEOVANNY

RIOBAMBA- ECUADOR

2018

HOJA DE CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE; el trabajo de investigación titulada: APLICACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN PLANTULAS DE YAGUAL (*Polylepis racemosa*) EN LA COMUNIDAD TIOCAJAS DEL CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO, de responsabilidad del señor Holguer Geovanny Guaraca Guashpa, ha sido revisado y corregido por el estudiante, quedando autorizado para su sustentación.

TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACION



Ing. Sonia Carmita Rosero Haro MSc.

Fecha... 23-04-2018

DIRECTORA



Ing. José Franklin Arcos Torres MSc

Fecha ... 23/04/2018

MIEMBRO

Riobamba – Ecuador

2018

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Holguer Geovanny Guaraca Guashpa, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo.

Riobamba 19 de abril del 2018



Holguer Geovanny Guaraca Guashpa

060448524-3

k

AUTORÍA

La autoría del presente trabajo investigativo es de propiedad intelectual del autor y de la Escuela de Ingeniería Forestal de la ESPOCH

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado primeramente a Dios y a todas aquellas personas quienes confiaron en mí y brindaron ese apoyo incondicional en toda la etapa de mi vida, mi querida esposa Anilu mis hijas Sami & Noemi a mis padres Carlos & Andrea hermanas, Erika & Mery quienes fueron el pilar fundamental para cumplir con un objetivo más en mi vida.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios todo poderoso por dar me la oportunidad de vivir y guiarme en cada momento de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, escuela de Ingeniería Forestal, por ser un templo de conocimiento y al personal Docente por ser mis principales formadores.

A mi esposa Anita, con todo mi corazón por el amor, dedicación, comprensión y apoyo infinito

A mis padres por la formación personal, apoyo en todo momento de mi formación académica.

A mis hermanas por las motivaciones a seguir en busca de este sueño.

A mis amigos y amigas quienes me apoyaron y motivaron a seguir adelante.

TABLA DE CONTENIDO

| | PAG. |
|---|------|
| LISTA DE TABLAS | iii |
| LISTA DE CUADROS | iv |
| LISTA DE FIGURAS | Vi |
| LISTA DE GRÁFICOS | Vii |
| LISTA DE ANEXOS | Viii |
| Capítulo | |
| I. TITULO | 1 |
| II. INTRODUCCIÓN | 1 |
| A. JUSTIFICACIÓN. | 1 |
| B. OBJETIVOS | 2 |
| III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| A. SOLUCIONES NUTRITIVAS | 3 |
| B. NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS | 14 |
| C. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE YAGUAL (<i>Polypepis racemosa</i>) | 23 |
| IV. MATERIALES Y MÉTODOS | 27 |
| A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR | 27 |
| B. MATERIALES Y EQUIPOS | 28 |
| C. METODOLOGÍA | 28 |

| | | |
|-------|---|----|
| D. | ESPECIFICACIONES DEL CAMPO EXPERIMENTAL | 30 |
| E. | MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN | 31 |
| F. | VARIABLES A TOMARSE | 34 |
| V. | RESULTADOS | 35 |
| A. | ALTURA DE PLANTAS | 35 |
| B. | DIÁMETRO DEL TALLO (mm) | 43 |
| C. | NÚMERO DE HOJAS | 51 |
| VI. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 60 |
| A. | CONCLUSIONES | 60 |
| B. | RECOMENDACIONES. | 61 |
| VII. | RESUMEN | 62 |
| VIII. | SUMARY | 63 |
| IX. | BIBLIOGRAFIA | 64 |

LISTA DE TABLAS

| Nº. | DESCRIPCIÓN | PAG. |
|------------|--|-------------|
| 1 | Equivalencia de una solución nutritiva hecha con base en sales simples | 6 |
| 2 | Factores de conversión | 7 |
| 3 | Compatibilidad de los productos | 9 |
| 4 | Especificaciones del producto | 12 |
| 5 | Especificaciones del producto | 13 |
| 6 | Descripción de la especie | 23 |
| 7 | Ubicación geográfica | 27 |
| 8 | Características climáticas del cantón Guamote hacienda totorillas | 27 |
| 9 | Factor A dosis de aplicación | 29 |
| 10 | Combinación de los factores | 30 |
| 11 | Especificaciones del campo experimental | 30 |
| 12 | Cantidad de producto utilizado para 45 litros de agua | 33 |
| 13 | Horario de riego según la frecuencia de aplicación | 34 |

LISTA DE CUADROS

| N°. | DESCRIPCIÓN | PAG. |
|-----|---|------|
| 1 | Compatibilidades del Ácido Fosfórico con elementos Calcio y Magnesio | 9 |
| 2 | Esquema de análisis ADEVA | 29 |
| 3 | Prueba de Kruskal Wallis para altura de planta (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 30 días | 35 |
| 4 | Prueba de Kruskal Wallis para altura de planta (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 60 días | 36 |
| 5 | Separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para altura de planta de yagual (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 60 días | 37 |
| 6 | Prueba de Kruskal Wallis para la altura de planta (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 90 días | 38 |
| 7 | Separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para altura de planta de yagual (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 90 días | 39 |
| 8 | Prueba de Kruskal Wallis para altura de planta (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 120 días | 40 |
| 9 | Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para altura de planta de yagual (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 120 días | 41 |
| 10 | Prueba de Kruskal Wallis para diámetro del tallo de planta yagual (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 30 días | 43 |
| 11 | Prueba de Kruskal Wallis para diámetro del tallo de planta yagual (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 60 días | 44 |
| 12 | Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el diámetro del tallo de planta de yagual (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 60 días | 45 |
| 13 | Prueba de Kruskal Wallis para diámetro del tallo de planta de yagual (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 90 días | 46 |

| | | |
|----|--|----|
| 14 | Separaciones de medias mediante de Kruskal Wallis al 0,05 para el diámetro del tallo de planta de yagual (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 90 | 47 |
| 15 | Prueba de Kruskal Wallis para diámetro del tallo de planta yagual (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 120 días | 48 |
| 16 | Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para diámetro del tallo de planta yagual (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 120 días | 49 |
| 17 | Prueba de Kruskal Wallis para el número de hojas en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 30 días | 51 |
| 18 | Separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el número de hojas en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 30 días | 52 |
| 19 | Prueba de Kruskal Wallis para el número de hojas en planta de yagual (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 60 días | 53 |
| 20 | Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el número de hojas en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 60 días | 54 |
| 21 | Prueba de Kruskal Wallis para el número de hojas de las plantas de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 90 días | 55 |
| 22 | Separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el número de hojas en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 90 días | 56 |
| 23 | Prueba de Kruskal Wallis para el número de hojas de las plantas de yagual (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 120 días | 57 |
| 24 | Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el número de hojas en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 120 días | 58 |

LISTA DE FIGURAS

| Nº. | DESCRIPCIÓN | PAG. |
|------------|---|-------------|
| 1 | Compatibilidad de fertilizantes | 8 |
| 2 | Proceso de nutrición de las plantas | 15 |
| 3 | Absorción de nutrientes por las plantas | 17 |
| 4 | Deficiencia de nitrógeno | 18 |
| 5 | Deficiencia de fósforo | 20 |
| 6 | Deficiencia de potasio | 21 |

LISTA DE GRÁFICOS

| N°. | DESCRIPCIÓN | PAG. |
|------------|---|-------------|
| 1 | Altura en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 60 días | 37 |
| 2 | Altura en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 90 días | 39 |
| 3 | Altura en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) plantas a los 120 días | 41 |
| 4 | Diámetro (mm) del tallo en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 60 días | 45 |
| 5 | Diámetro (mm) del tallo en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 90 días | 47 |
| 6 | Diámetro (mm) del tallo en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 120 días | 49 |
| 7 | Número de hojas en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 30 días | 52 |
| 8 | Número de hojas en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 60 días | 54 |
| 9 | Número de hojas en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 90 días | 56 |
| 10 | Número de hojas en planta de yagual, (<i>Polylepis racemosa</i>) a los 120 días | 58 |

LISTA DE ANEXOS

| N°. | DESCRIPCIÓN |
|------------|---|
| 1 | Distribución de las unidades experimentales |
| 2 | Adquisición de las plantas en el vivero forestal totorillas |
| 3 | Establecimiento de la unidad experimental |
| 4 | Preparación del sustrato |
| 5 | Preparación de la solución |
| 6 | Aplicación de la solución |
| 7 | Manejo de las plantas |
| 8 | Determinación de la cantidad de agua requerida |
| 9 | Ubicación de bloques experimentales y etiquetado |
| 10 | Toma de mediadas de las variables |
| 11 | Análisis químico del sustrato |
| 12 | Datos de altura de las plantas |
| 13 | Datos del diámetro mm de los tallos |
| 14 | Datos del número de hojas número de hojas |
| 15 | Ubicación de la investigación en el mapa de Guamote |
| 16 | Niveles de salinidad en las soluciones |
| 17 | Niveles de alcalinidad y Ph |
| 18 | Niveles óptimos de pH para especies forestales |

I. APLICACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN PLANTULAS DE YAGUAL (*Polylepis racemosa*) EN LA COMUNIDAD TIOCAJAS DEL CANTÓN GUAMOTE PROVINCIA DE CHIMBORAZO

II. INTRODUCCIÓN

Los bosques de *Polylepis* en el Ecuador en los páramos andinos son la vegetación dominante ocupando grandes extensiones, siendo además un atractivo turístico, proveen de importantes servicios ecológicos como el equilibrio hídrico de los páramos, refugio de flora y fauna endémica.

Estos bosques naturales y particularmente los páramos o zona alto-andina en nuestro país han sido considerablemente afectados y amenazados por los asentamientos humanos durante décadas; los mismos que vienen realizando constantes actividades agrícolas no sostenibles, junto con la tala indiscriminada de los bosques andinos, la quema de los pajonales, el avance de la frontera agrícola, han contribuido con la fragmentación y destrucción de los ecosistemas alto andinos ocasionando la degradación y desaparición acelerada de sus recursos naturales

Hoy en día los planes de restauración forestal ejecutados por el Gobierno nacional y el interés de conservación por los agricultores ha inducido que los viveros incrementen la producción de plántulas en cantidad, pero con la calidad deficiente, esto al establecer las plantaciones se observa altos índices de mortalidad en especies nativas de lento crecimiento.

El Yagual, planta forestal nativa de la región andina ecuatoriana, además de ser utilizado masivamente en los programas de reforestación por considerarse una especie de importancia ecológica, al momento de establecerla a nivel de campo, presenta niveles bajos en su adaptabilidad y crecimiento, generando considerables pérdidas económicas.

A. JUSTIFICACIÓN.

Para realizar la actividad de forestación y reforestación con la finalidad de mantener el equilibrio ecológico y la conservación de los recursos naturales se requiere de plantas de

buena calidad, estos que presenten características adecuadas para ser establecidas en el campo, para obtener plántulas de buena calidad, se demanda realizar inversiones a nivel de vivero, cuando las plántulas están a cortas edades.

Por considerarse el Yagual (*Polylepis racemosa*) una especie de importancia ecológica, cultural y ambiental, además de ser utilizada masivamente en los programas de restauración forestal que se ejecuta actualmente; se propone realizar esta investigación con la finalidad de tener información de la aplicación de soluciones nutritivas que satisfaga los requerimientos nutricionales de las plantas de yagual y obtener plántulas de buena calidad, mejorando de esta manera la adaptación y el crecimiento de las plántulas a nivel de campo, reduciendo los índices de mortalidad en sitio definitivo.

Por estas razones se evaluará la aplicación de soluciones nutritivas en plántulas de Yagual, con la finalidad de estimular el crecimiento de esta especie, y garantizar una mejor adaptabilidad en sitios definitivos.

B. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Evaluar los efectos de la aplicación de soluciones nutritivas en plántulas de yagual (*Polylepis racemosa*) en la comunidad Tiocajas del cantón Guamote provincia de Chimborazo.

2. Objetivo específico

- a. Evaluar el efecto de soluciones nutritivas en el crecimiento de plántulas de yagual (*Polylepis racemosa*).
- b. Determinar la mejor solución nutritiva y la frecuencia de aplicación en el crecimiento de plántulas de yagual (*Polylepis racemosa*) en un tiempo de 120 días.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. SOLUCIONES NUTRITIVAS

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma única y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micro nutrimento que puede estar presente. Una SN verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente (Favela & Preciado, 2006)

La Solución Nutritiva (SN) es una solución de agua con fertilizantes, donde los nutrimentos se encuentran en la forma química, la concentración iónica y en las proporciones adecuadas para ser aprovechadas por las plantas con el objetivo de que logren un crecimiento y desarrollo óptimo (Intagri, 2013)

La elección de las sales que deberán ser usadas depende de un elevado número de factores, la proporción relativa de iones que debemos añadir a la composición se comparará con la necesaria en la formulación del nutriente; por ejemplo, una molécula de nitrato potásico KNO_3 proporcionará un ion de potasio K^+ y otro ion de nitrato NO_3^- , así como una molécula de nitrato cálcico $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nos dará un ion cálcico Ca^{++} y dos iones de nitrato. (Llanos, 2001).

Las diferentes sales fertilizantes que podemos usar para la solución de nutrientes tienen a la vez diferente solubilidad, es decir, la medida de la concentración de sal que permanece en solución cuando la disolvemos en agua; si una sal tiene baja solubilidad, solamente una pequeña cantidad de esta se disolverá en el agua. (Llanos, 2001).

El calcio puede ser suministrado por el nitrato cálcico o por el sulfato cálcico; este último es más barato, pero su solubilidad es muy baja; por tanto, el nitrato cálcico deberá ser el que usemos para suministrar la totalidad de las necesidades de Calcio. El costo de un fertilizante en particular deberá considerarse según como vaya a utilizarse; en general.,

deberá usarse lo que normalmente se denomina como grado técnico, donde el costo es más alto que una cantidad agrícola, pero la solubilidad es mucho mayor (Llanos, 2001).

1. Preparación de la solución nutritiva

Para la preparación de una solución completa se deben realizar por separado por lo menos dos soluciones madre. Esto se debe a que existe incompatibilidad de ciertos iones a permanecer en solución a una elevada concentración, por ejemplo, los iones fosfatos y sulfatos precipitan en presencia del ion calcio en soluciones concentradas. Otras combinaciones, Ejemplo. sulfato de amonio y cloruro de potasio en el tanque reduce significativamente la solubilidad de la mezcla debido a la formación de sulfato de potasio. En aguas ricas en calcio y bicarbonatos, el sulfato de Ca (yeso) precipitará y tapaná los goteros. La inyección de soluciones con urea inducirá la precipitación de carbonato de Ca debido al aumento del pH de la solución por la urea. (Melgar, 2012).

Si alguna sal presenta impurezas como el nitrato de calcio, se debe disolver independientemente y esperar la decantación para colocar el líquido sobrenadante en el tanque correspondiente. En cuanto a los micronutrientes es usual preparar soluciones muy concentradas usando alícuotas periódicamente. En las soluciones de hierro realizadas con quelatos como el EDTA se debe cuidar que el pH no sea superior a 6, ya que el hierro precipita en forma insoluble. (Melgar, 2012).

Es muy difícil generalizar sobre la óptima combinación de sales para dar una debida concentración de nutrientes debido a que la solubilidad depende de un cierto número de factores siendo más importantes el pH, la concentración de las soluciones y la temperatura. Cualquier concentración de más de dos productos reducirá la solubilidad de cada material por separado. (Melgar 2012).

a. Fórmulas para el cálculo de los productos

$$C = \frac{Mx Fx Lx Fc}{FN}$$

Donde:

C = Cantidad de producto que se requiere

M = Requerimiento del elemento

F = Factor de dilución

L = Cantidad de agua

Fc = Constante %

FN = concentración del producto (Arcos, 2016).

b. Preparación

- 1) Se deben pesar las sales individualmente, evitando en lo posible perdidas de material, asegurando una variación de más o menos 5 % en una escala en gramos.
- 2) Llenar el tanque con agua en un 10 % de su totalidad.
- 3) Disolver cada sal separadamente en recipientes grandes y llenos de agua, y volcarlos en el tanque, repitiendo la operación hasta disolver totalmente la sal. Se puede utilizar agua caliente en caso de una difícil disolución.
- 4) Disolver los micronutrientes primero y luego los macros.
- 5) Cuando se trata de volúmenes pequeños se puede mezclar los sulfatos en forma seca antes de disolverse. Lo mismo con los nitratos y fosfatos.
- 6) Dejar circular unos minutos la solución de nutrientes y medir el pH necesario ajustando con ácido sulfúrico o con hidróxido de potasio. Un pH alto puede causar la precipitación del Fe, Mn, PO₄, Ca y Mg que se insolubilizan. (Melgar 2012).

c. Preparación de la solución nutritiva a partir de sales simples

Se puede preparar la solución nutritiva a partir de sales simples, que es la forma más económica para los cultivos a gran escala

Tabla 1. Equivalencia de una solución nutritiva hecha con base en sales simples.

| Tabla de equivalencia de una solución nutritiva hecha con base en sales simples | | | | | | | | |
|---|--------|-----------|----|----------------------|----------------------------|-------|----|-----|
| Sal simple | Estado | Elementos | | Dosis/m ³ | Aportes gr/mt ³ | | | |
| Ca(NO ₃) ₂ | l/s | Ca | N | 1040 | Ca | 185 | N | 130 |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ | s | P | N | 170 | P | 44 | N | 20 |
| KNO ₃ | s | K | N | 550 | K | 208 | N | 70 |
| Mg(NO ₃) ₂ | l | Mg | N | 460 | Mg | 24 | N | 28 |
| FeCit | l/s | Fe | | 100 | Fe | 5.6 | | |
| MgSO ₄ | s | S | Mg | 246 | S | 32 | Mg | 24 |
| MnSO ₄ | s | Mn | S | 1 | Mn | 0.26 | | |
| CuSO ₄ | s | Cu | S | 0.24 | Cu | 0.06 | | |
| ZnSO ₄ | s | Zn | S | 0.6 | Zn | 0.13 | | |
| H ₃ BO ₄ | s | B | | 3.1 | B | 0.52 | | |
| Mo-A | s | Mo | N | 0.01 | Mo | 0.006 | | |
| CoSO ₄ | s | Co | S | 0.01 | Co | 0.002 | | |
| KCl | s | Cl | K | 1.87 | Cl | 0.9 | | |

Fuente; <http://www.drcalederonlabs.com/Hidroponicos/Soluciones1.html>.

d. Método de soluciones madre

Se utiliza en trabajos experimentales en los cuales se elaboran soluciones con distintas concentraciones. También se utiliza al preparar soluciones para micro-elementos, en los que generalmente se requieren muy pequeñas cantidades, ya que los métodos tradicionales se han convertido en un proceso complejo (Alarcón, 2001).

e. Método normal

Es un método mucho menos complejo que el anterior. Los fertilizantes se añaden uno a uno al agua, en las cantidades adecuadas, para formar la solución nutritiva. Este es el método que más se utiliza para hacer la solución de macronutrientes; sin embargo, en instalaciones

comerciales se usa también este método para añadir elementos menores a la solución (Alarcón, 2001).

f. Factores de conversión en los fertilizantes:

Para poder establecer la proporción de cada elemento en un fertilizante simple o compuesto, es necesario saber la nomenclatura estipulada por el Instituto Colombiano Agropecuario (I.C.A) y proceder a realizar los debidos cálculos de conversión que se dan en la siguiente tabla (Ver Tabla 2.):

Tabla 2. Factores de conversión.

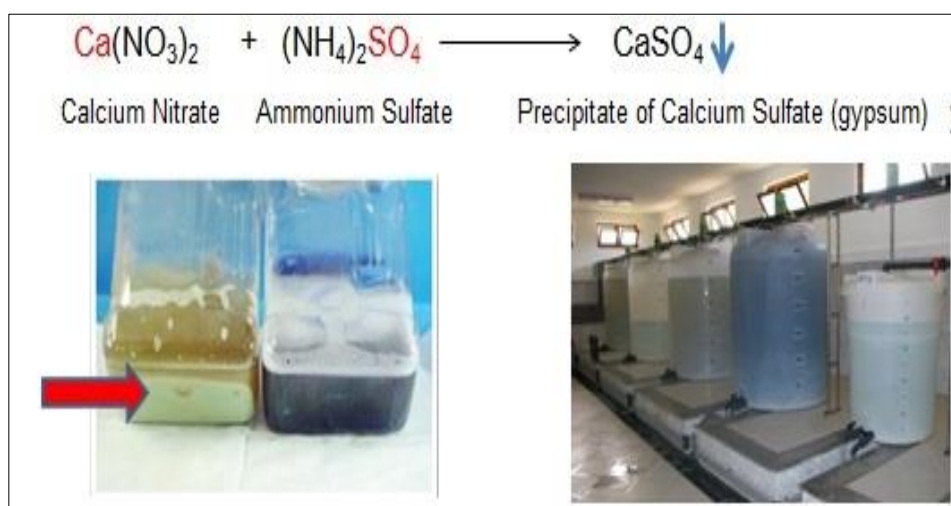
| Factores de conversión útiles para recomendar fertilizantes | | | | | | | |
|---|---|--------|-------|----------|---|--------|-------------------------------|
| Elemento | x | Factor | Igual | Elemento | x | Factor | Igual |
| P ₂ O ₅ | x | 0.44 | P | P | x | 2.29 | P ₂ O ₅ |
| K ₂ O | x | 0.83 | K | K | x | 1.2 | K ₂ O |
| CaO | x | 0.71 | Ca | Ca | x | 1.4 | CaO |
| MgO | x | 0.6 | Mg | Mg | x | 1.66 | MgO |
| SO ₃ | x | 0.4 | S | S | x | 2.5 | SO ₃ |
| FeO | x | 0.78 | Fe | Fe | x | 1.29 | FeO |
| MnO | x | 0.77 | Mn | Mn | x | 1.29 | MnO |
| CuO | x | 0.79 | Cu | Cu | x | 1.25 | CuO |
| B ₂ O ₃ | x | 0.31 | B | B | x | 3.22 | B ₂ O ₃ |
| ZnO | x | 0.79 | Zn | Zn | x | 1.25 | ZnO |

Fuente: (Alarcón, 2001).

2. Compatibilidad de fertilizantes

Algunos de los fertilizantes interactúan para formar compuestos insolubles y se precipitan. Los precipitados bloquean los nutrientes, por lo tanto, no están disponibles para la planta. Otro efecto adverso de los precipitados es las obstrucciones que causan en el equipo de riego.

Por ejemplo, no se debe mezclar los fertilizantes que contienen calcio con fertilizantes que contienen sulfatos o fosfatos.



Fuente; <http://www.smart-fertilizer.ckom>

Figura 1. Compatibilidad de fertilizantes

Al emplear sales simples para la preparación de una fórmula hidropónica es importante tener en cuenta las incompatibilidades químicas que se puedan presentar entre estos por ello es imperativo el preparar las sales que sean compatibles en tanques separados de las que no lo sean.

Tabla 3. Compatibilidad de los productos

| Compatibilidades | |
|-------------------------|-------------------------|
| Tanque A | Tanque B |
| Nitrato de potasio | Sulfato de Magnesio |
| Nitrato de Amonio | Sulfato de potasio |
| Nitrato de Calcio | Sulfato de Amonio |
| Nitrato de Magnesio | Urea |
| Fosfato Monoamónico | Ácido |
| Fosfato Monopotásico | |
| 60% del Ácido Fosfórico | Elementos menores |
| No usar | Molibdatos, E. menores |
| Fosfato Diamónico | Quelutados (Fe, Mn, Cu) |
| Fosfato Dipotásico | 40% del Ácido Fosfórico |

Fuente; (Llanos, 2001)

Cuadro 1. Compatibilidades del Ácido Fosfórico con elementos Calcio y Magnesio

| Compatibilidad de las soluciones de Ácido Fosfórico y de los Fosfatos-Mono, Fosfatos-Di y Fosfatos-Tri en función del pH | | | | | |
|---|--|---|---|--------------------------------|-------------------------------|
| Antagonismo del P-Ca-Mg | | | | | |
| pHs | 0 | 2 | 5.4 | 8.2 | 10 |
| | | | Fosfatos Mono_ | Fosfatos Di_ | Fosfatos Tri_ |
| Forma | H ₃ PO ₄ | | H ₂ PO ₄ ⁻ | HPO ₄ ⁻² | PO ₄ ⁻³ |
| Compatibilidad Total con Ca ⁺⁺ y Mg ⁺⁺ | Compatibilidad restringida | | | No Hay compatibilidad | |
| | Se quedan productos en el filtro de arena. | | | | |
| | También se quedan en los filtros de disco | | | | |

Fuente; (Llanos, 2001)

3. Solubilidad de los fertilizantes

La solubilidad de un fertilizante es determinada como la cantidad máxima del fertilizante que puede ser totalmente disuelta en un volumen determinado de agua. Superior a esta cantidad máxima se traducirá en una precipitación de los fertilizantes en el sistema de riego y puede ser un problema muy grave. La solubilidad se expresa en unidades de peso / volumen de agua. Por ejemplo: gramos / litro o libras / Galón. (Smart, 2017)

La solubilidad de cada fertilizante depende de la temperatura del agua en la que se está disolviendo. La solubilidad de la mayoría de los fertilizantes aumenta con la temperatura. Por lo tanto, a temperaturas más bajas, las soluciones madre de fertilizantes deben ser más diluidas. A temperaturas más altas, las soluciones madres podrán ser más concentradas. (Smart, 2017)

El efecto del Ión Común La solubilidad de un fertilizante depende también de los otros fertilizantes disueltos en la solución madre. Cuando un cierto fertilizante está disuelto en un tanque de almacenamiento con otro fertilizante y ambos contienen un ion común, se reduce la solubilidad de ambos fertilizantes. Por ejemplo, Nitrato de potasio y Sulfato de potasio son compatibles y pueden ser disueltos en el mismo tanque de almacenamiento. Sin embargo, dado que ambos contienen potasio, su solubilidad se reduce cuando se mezclan. (Smart, 2017)

4. pH de la solución

El pH de la solución nutritiva es una medida del grado de acidez o alcalinidad de la solución. Las plantas pueden tomar los elementos en un rango óptimo de pH comprendido entre 5 y 7. (Cuello & Mesa, 2016).

La importancia del pH en las soluciones nutritivas tiene una doble función. La primera es que el pH influencia el equilibrio de oxidación-reducción y la solubilidad de ciertos compuestos y las formas iónicas de ciertos elementos. En una solución aireada con un pH de 8, el hierro férrico, Fe^{3+} , se precipita como un Hidróxido férrico $Fe(OH)_3$ extremadamente insoluble

con el resultado de que el hierro puede no estar disponible para la absorción por parte de las plantas. (Llanos, 2001).

El segundo aspecto del pH sobre el medio nutritivo tiene que ver con el efecto de los iones Hidrógeno e Hidroxilo sobre las raíces de las plantas especialmente sobre el ión transportador de las membranas de las células corticales de las raíces en lo que hace referencia sobre la fisiología de los procesos de la absorción activa del ión. (Llanos, 2001).

5. Conductividad eléctrica

En soluciones, la facilidad con la que una solución conduce la electricidad, es directamente proporcional al número de portadores de carga (el número de entidades que poseen una carga o que son capaces de mover cargas de un lugar a otro). Estos portadores de carga son generalmente iones en solución, ya sea cationes (como el sodio, potasio, calcio, etc.) o aniones (como el fosfato, nitrato, sulfato, etc.). Estos radicales son el Fosfato (H_2PO_4^-), los Sulfatos (SO_4^-), los Nitratos (NO_3^-) y los Bicarbonatos (HCO_3^-) elementos no deseables en la solución de nutrientes. Para el cálculo de la Conductividad eléctrica es necesario realizar un análisis en donde se determine el número de miliequivalentes por 100 ml de cada anión, este número de miliequivalentes de cada especie aniónica se divide por 10, finalmente se suman y el resultado de la sumatoria es la Conductividad eléctrica. (Cuello & Mesa, 2016).

6. Fuentes para preparar las soluciones nutritivas para la investigación

a. Fosfato mono potásico

El fosfato mono potásico es fuente de fósforo a lo largo de todo el ciclo de cultivo, siendo especialmente importante durante las primeras etapas de desarrollo de la planta, cuando la disponibilidad de este elemento resulta de vital importancia para el establecimiento del sistema radicular. Están especialmente indicados para su empleo en fertiirrigación, aplicación foliar y cultivo hidropónico. (www.interempresas.net)

Tabla 4. Especificaciones del producto

| Especificaciones del producto | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Apariencia | crisales blancos |
| Formula | KH_2PO_4 |
| Pureza | 99.0% min |
| P_2O_5 : | 51.50% min |
| K_2O | 34.0% min |
| Humedad | 0.2% máx. |
| pH | 4.4-4.8 |

Fuente; www.ecured.cu

Sus principales ventajas son:

Completamente solubles en agua.

Compuestos al 100 % por macronutrientes vegetales.

Libres de cloruros, sodio y cualquier elemento perjudicial para las plantas.

Adecuados para la producción de soluciones nutritivas.

Bajo pH.

Bajo índice salino.

b. Nitrato de potasio

El nitrato de potasio (KNO_3) es una fuente soluble de dos nutrientes esenciales muy importantes. Es comúnmente utilizado como fertilizante para cultivos de alto valor que se benefician con la nutrición de nitratos (NO_3) y una fuente de potasio (K) libre de cloruro (Cl). (Nélio, 2006)

Tabla 5. Especificaciones del producto

| Especificaciones del producto | |
|--------------------------------------|------------------|
| Fórmula química | KNO ₃ |
| Contenido de N | 13% |
| Contenido de K ₂ O | 44 a 46% |
| Solubilidad en agua | (20 °C): 316 g/L |
| pH | 7 a 10 |

Fuente; (ww.ipni.net)

c. Nitrato de amonio

Contiene 33,5 % de Nitrógeno, 50 % en forma Nítrica y 50 % en forma Amoniacal. La primera de disponibilidad inmediata, mientras que la forma amoniacal por tener carga eléctrica (+) se encuentra disponible por más tiempo ya que se fija a las partículas coloidales (arcillas), así como a la fracción orgánica del suelo. (www.fertisa.com)

7. La calidad del agua de riego

La calidad del agua de riego afecta tanto a los rendimientos de los cultivos como a las condiciones físicas del suelo, los parámetros que determinan la calidad del agua de riego se dividen en tres categorías: químicos, físicos y biológicos. Las características químicas del agua de riego se refieren al contenido de sales en el agua, así como a los parámetros derivados de la composición de sales en el agua; parámetros tales como la CE / TDS (Conductividad Eléctrica / sólidos totales disueltos), RAS (Relación de Adsorción de Sodio), la alcalinidad y la dureza del agua. (Sela. 2014).

a. La salinidad del agua de riego

El principal problema relacionado con la calidad del agua de riego es la salinidad del agua. La salinidad del agua se refiere a la cantidad total de sales disueltas en el agua, pero no indica que sales están presentes los parámetros más comunes (ver anexo 16) para

determinar la calidad del agua de riego, en relación con su salinidad, son la **CE y el TDS**. (Sela. 2014).

b. Alcalinidad y pH.

La alcalinidad es la suma de las cantidades de bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-) en el agua y se expresa como mg/l de CaCO_3 .(ver anexo 17) La alcalinidad del agua es una medida de la capacidad del agua de resistir a cambios repentinos en el pH. (Sela. 2014).

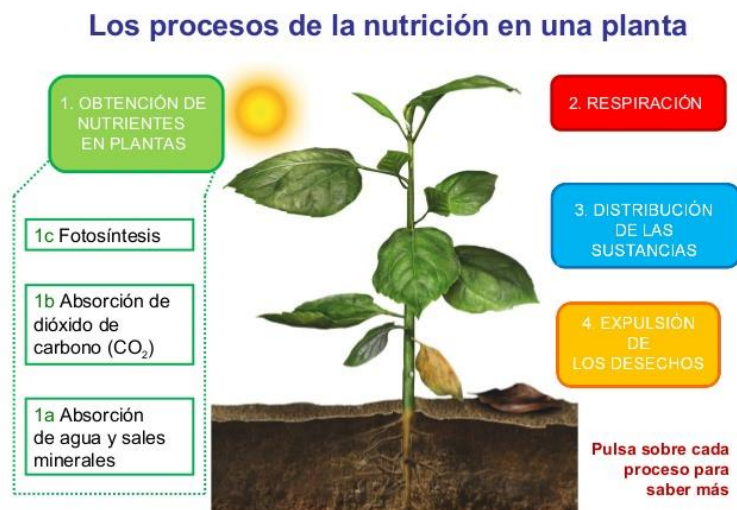
La diferencia entre un problema de salinidad y un problema de toxicidad es que la toxicidad ocurre dentro de la planta misma, como resultado de la acumulación de un ion específico en las hojas los iones más comunes que pueden causar un problema de toxicidad son el cloruro, el sodio y el boro. Al igual que con la salinidad, los cultivos difieren en su susceptibilidad a estos iones. (Sela. 2014).

B. NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS

Las plantas fabrican su propio alimento. Por tanto, no necesitan alimentarse de otros seres vivos. La alimentación de las plantas comprende tres etapas: tomar sustancias del suelo y del aire, transformar estas sustancias en alimento y repartir el alimento por toda la planta. Además, para aprovechar su alimento, las plantas necesitan respirar permanentemente, como el resto de los seres vivos. (Fagro, 2012).

Los vegetales, a diferencia de los animales o los hongos, son capaces de fabricar su propio alimento a partir de:

- Agua y sales minerales, que toman del suelo a través de sus raíces.
- Gases que toman del aire y que penetran por sus hojas.
- La luz del sol.



Fuente: <https://es.slideshare.net>

Figura 2. Proceso de nutrición de las plantas

Con estos componentes las plantas fabrican otras sustancias más complejas que utilizan para crecer y realizar las funciones vitales. Parte del alimento que no utilizan en estas funciones lo almacenan en sus hojas, en sus raíces, en sus frutos y en sus semillas. (Fuentes, 2002).

1. Elementos esenciales

La nutrición mineral de las plantas nos da informaciones acerca de cuáles son los elementos esenciales a las plantas, cuáles son sus funciones, cómo son absorbidos, transportados y redistribuidos. Las plantas están compuestas por 70 a 90% de agua, siendo que lo demás es material seco. (Rodríguez, 2015).

En el material seco, observamos que 90% o más es formado solamente por tres elementos: el Carbono (C), el Hidrogeno (H) y el Oxígeno (O). (Fuentes, 2002)

El Carbono (C) viene del aire, el Oxígeno (O) del aire y del agua mientras el Hidrogeno (H) viene del agua. De esta manera podemos observar que en la naturaleza el suelo es

responsable por 1% de la composición de la planta, pero eso no significa que él es menos importante. En la verdad, todos los elementos que componen las plantas son esenciales.

Además de los tres elementos no minerales carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H), asimilados del aire y del agua, las plantas son constituidas por más 13 elementos minerales que, en la hidroponía son suministrados por la solución nutritiva. (Sanchez,2010).

Los elementos minerales están calificados en dos grupos: Macronutrientes y micronutrientes.

Pueden ser subdivididos en macronutrientes primarios: Nitrógeno (N), el Fósforo (P) y el Potasio (K); y macronutrientes secundarios: Calcio (Ca), el Magnesio (Mg) y el Azufre (S), que son los elementos minerales absorbidos en cantidades más grandes.

Por su parte, los micronutrientes están compuestos por el Boro (B), el Cloro (Cl), el Cobre (Cu), el Hierro (Fe), el Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Zinc (Zn), que son absorbidos en menores cantidades. (Fuentes, 2002).

a. Criterios de esencialidad en la nutrición de las plantas

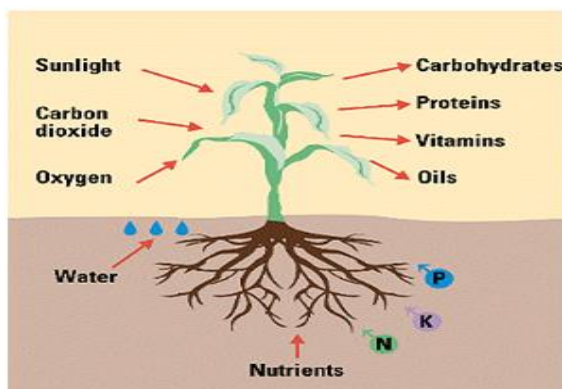
La deficiencia o falta de un elemento imposibilita la planta de completar su ciclo biológico, la deficiencia es específica para el elemento en cuestión. (Alcatar & Trejo, 2007).

El elemento debe estar involucrado directamente en la nutrición de las plantas, sea constituyendo un metabolito esencial o cuando es requerido para la acción de un sistema enzimático. (Alcatar & Trejo, 2007).

b. Factores para que los nutrientes sean absorbidos por las plantas

- Forma del nutriente
- Cantidad del nutriente en el medio externo
- Edad de la planta y de las raíces
- Distribución de las raíces

- Especie de la planta
- Otros factores de la naturaleza como temperatura, luz, oxígeno, pH, humedad, entre otros.



Fuente: www.linkedin.com

Figura 3. Absorción de nutrientes por las plantas

c. Acción de los fertilizantes químicos.

Se debe tener especial cuidado sobre los efectos del uso abusivo de los fertilizantes; la degradación de la estructura del suelo, y el descenso de su contenido en humus. Una vez que el suelo y la planta han absorbido las cantidades necesarias de nutrientes aportados por el fertilizante, el resto será arrastrado por las aguas superficiales o subterráneas. A partir de ahí, el ciclo que sigan es incontrolado (Navarro, 2014).

d. Macronutrientes

1) Nitrógeno

Es esencial para la formación de las proteínas, sustancias que son parte de los tejidos vegetales. Las proteínas son indispensables a la vida de las plantas y de los animales. El nitrógeno también es parte de compuestos del metabolismo, como la clorofila y los alcaloides, así como de muchas hormonas, enzimas y vitaminas. (Guerrero 1996))

En el crecimiento vegetal de todos los elementos químicos esenciales, el nitrógeno (N) es el nutriente que tiene efectos más espectaculares sobre el crecimiento de la planta. El

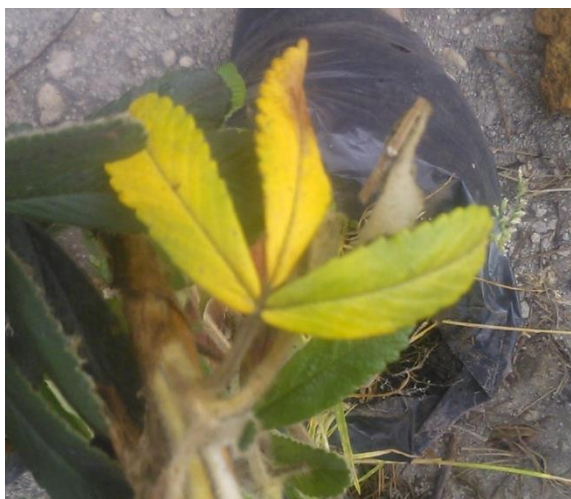
nitrógeno estimula el crecimiento de hojas, tallos y raíces, así como el desarrollo de flores, frutos y otras estructuras reproductivas. (Fuentes 2002).

Función del nitrógeno en las plantas

El nitrógeno (N) es necesario para la síntesis de la clorofila y, como parte de la molécula de clorofila, tiene un papel en el proceso de fotosíntesis. La falta de nitrógeno (N) y clorofila significa que el cultivo no utilizará la luz del sol como fuente de energía para llevar a cabo funciones esenciales como la absorción de nutrientes. El nitrógeno (N) es también un componente de las vitaminas y sistemas de energía de la planta. (Gusman, 2004).

Síntomas de deficiencia

Las plantas deficientes de nitrógeno (N), tienden a atrofiarse, crecen más lentamente y producen menos hijuelos que lo normal; también presentan menor número de hojas, y en algunos cultivos, producen madurez prematura comparada con plantas que poseen cantidades adecuadas de nitrógeno (N). (Gusman, 2004).



Fuente: Guaraca 2017

Figura 4. Deficiencia de nitrógeno

2) Fósforo

Actúa en la respiración y en la producción de energía. También está presente en la división de las células, intensificando a éstas. El fósforo entra en la composición de algunas sustancias de reserva como los albuminoides. (Nelio, 2006).

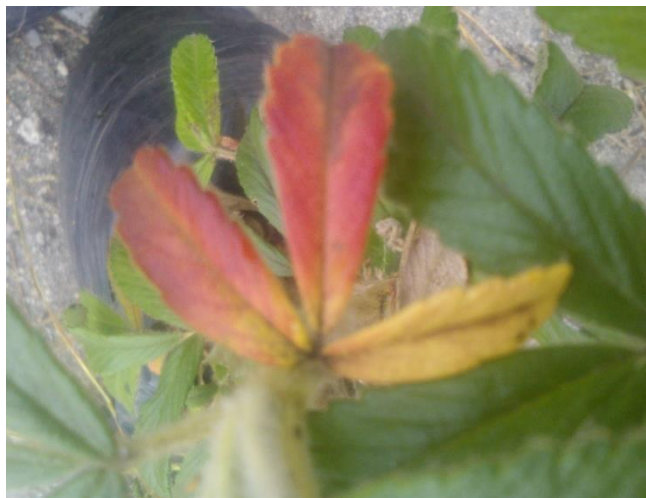
Este elemento les da fuerza y rigidez a los tallos, facilita la floración, también contribuye para el desarrollo del sistema radicular y para la salud general de la planta. El fósforo actúa en la cosecha como factor de calidad y cantidad, es decir, contribuye para una producción más grande y mejor. (Castro, 1995).

El fósforo (P) es esencial para el crecimiento de las plantas. No existe ningún otro nutriente que pueda sustituirlo. Las plantas deben tener fósforo (P) para completar su ciclo normal de producción. Es uno de los tres nutrientes principales. Los otros dos son el nitrógeno (N) y el potasio (K). (Neleo, 2006)

Síntomas de deficiencia en las plantas

El primer síntoma de falta de fósforo (P) es una planta atrofiada. Las hojas pueden deformarse. Con deficiencia severa, se pueden producir áreas necróticas en las hojas, frutos y tallos. Las hojas más viejas quedan afectadas antes que las jóvenes. A menudo se observa un color rojizo en las plantas de maíz deficientes en fósforo (P). Esto también ocurre en otros cultivos, especialmente cuando las temperaturas del medio ambiente son bajas. (Alcatrar, 2015).

Los síntomas visibles, aparte de la atrofia en crecimiento y bajos rendimientos, son en general menos claros que los síntomas de deficiencia producidos por el nitrógeno (N) y el potasio (K). (www.imexcor.com).



Fuente: Guaraca 2017

Figura 5. Deficiencia de fósforo

3) Potasio

El Potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades. (Castro,1995).

El potasio (K) es un nutriente vital para las plantas. No puede ser reemplazado por ningún otro nutriente. Es uno de los tres nutrientes principales -nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K)-. (www.imexcor.com)

El potasio (K) también es vital para la fotosíntesis. Cuando hay deficiencia de potasio (K) la fotosíntesis disminuye. A medida que el potasio (K) se hace deficiente, la respiración de la planta aumenta. (www.imexcor.com).

Síntomas de deficiencia en las plantas

Estas dos condiciones producidas por la deficiencia de potasio (K) -fotosíntesis reducida y aumento de la respiración- reducen los carbohidratos de la planta.

La deficiencia de potasio (K) hace que las plantas crezcan lentamente. Estas presentan un sistema radicular con desarrollo pobre. Los tallos son débiles, y el vuelco de las plantas es común. (www.imexcor.com)

La carencia de elementos nutricionales origina alteraciones o dificultades de crecimiento, la sintomatología de las diferentes deficiencias nutricionales de las plántulas en vivero es algo complejo, poco estudiado y varía de acuerdo con la especie (Gusman, 2004).



Fuente: Guaraca 2017

Figura 6. Deficiencia de potasio

4) Calcio

En concentraciones bajas, estimula la absorción de otros iones en la **nutrición de las plantas**. El calcio es indispensable para mantener la estructura y el funcionamiento normal de las membranas, particularmente de la plásmamela. Influye, de manera predominante, en el equilibrio entre la acidez y la alcalinidad del medio y de la savia.

5) Magnesio

Entra en la composición de la clorofila, de la proto clorofila pectina y fitina.

6) Azufre

Está presente asociado al nitrógeno en la composición de las proteínas.

e. Micronutrientes

1) Boro

Sus funciones están relacionadas con las del calcio. Es encontrado en las plantas nuevas en desarrollo. Es extremadamente necesario donde las células se están multiplicando y es de suma importancia en la germinación del grano del polen, en la formación de las flores, frutos y raíces.

2) Cloro

Función relacionada con la fotosíntesis, participando de la fotólisis del agua.

3) Cobre

Es activador de varias enzimas de la planta. Es esencial para las plantas en procesos de oxidación y reducción.

4) Hierro

Es esencial para la formación de la clorofila (aunque no es parte de ella), absorción de nitrógeno y procesos enzimáticos.

5) Manganeso

Así como el Hierro, también es necesario para la formación de la clorofila, para la reducción de nitratos y para la respiración. En algunos procesos metabólicos, actúa como un catalizador.

6) Molibdeno

Participa de la bioquímica de la absorción y del transporte y fijación del nitrógeno.

C. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE YAGUAL_(*Polylepis racemosa*)

1. Descripción botánica.

Tabla 6. descripción de la especie

| Clasificación botánica | |
|-------------------------------|-------------------|
| Reino: | Plantae |
| Subreino: | Tracheobionta |
| División: | Magnoliophyta |
| Clase: | Magnoliopsida |
| Subclase: | Rosidae |
| Orden: | Rosales |
| Familia: | Rosaceae |
| Subfamilia: | Rosoideae |
| Tribu: | Sanguisorbeae |
| Subtribu: | Sanguisorbinae |
| Género: | <i>Polylepis</i> |
| Especie: | <i>P.racemosa</i> |
| Nombre bulguar: | Yagual |

Fuente; (Navarro 2015)

2. Características de la especie (*Polylepis racemosa*)

Árboles o arbustos con corteza exfoliante en láminas papiráceas, rojizas. Hojas alternas, compuestas e imparipinnadas, folíolos oblongos, elípticos u obovados, margen entera o crenada, haz glabro o veloso, envés con varios tipos de indumento; estípulas envainadoras. Racimo pendular. Flores perfectas; sépalos 3–4, obovados, verdes, persistentes, pétalos

ausentes; estambres 12–18; ovario unicarpelar, incluido en el receptáculo. Aquenio con el receptáculo fructífero turbinado o globoso con espinas o alas (Hensen, 2017).

3. Características botánicas de (*Polylepis racemosa*)

a. Generalidades

Crecen de 5 hasta 17 metros, el fuste es torcido, puede ser único o con varios tallos, que muchas veces nacen de la base del tallo principal (Kessler, 2006).

La copa es difusa e irregular, la corteza es de color café marrón brillante, que se desprende permanentemente en capas delgadas translucidas, por esta razón la denominación de ‘Árbol de Papel’. (Kessler, 2006).

Se estima que se necesita de 160 años para tener un fuste de 50 cm. de diámetro, por su centímetro lento y por la consistencia dura de su madera. (Castro, 2015).

Las hojas son compuestas, con números variables de folíolos, en el caso de *P. Incana*, es en número de tres y de color verde claro. (Kessler 2006)

b. Propagación

1) Propagación sexual

El tiempo entre florecimiento y madurez de los frutos es cerca de dos meses y una vez que los frutos están maduros caen muy pronto. Entonces es necesario seguir de cerca el desarrollo para estar seguro de que la cosecha se ha hecho en el momento preciso. Cada inflorescencia contiene un limitado número de frutos y dada la baja capacidad de germinación considerables cantidades, tienen que ser recogidas (Branbyge & Holm, 1987).

2) Propagación asexual

La forma más común de propagación del yagual es por esta vía. Se practican tres métodos; por esquejes o ramillas, por estacas convencionales o por acodos (Chiclote *et al.*, 1985).

Se realiza en viveros y a campo abierto utilizando “esquejes preformados que son ramas con chichones”, o sea raíces preformadas. Este procedimiento se ha probado con éxito en *Polylepis racemosa*, existiendo un crecimiento de los plántones rápido (Pretell, 1985).

3) Esquejes

De los tres métodos, el más utilizado y recomendado para propagar el género *Polylepis* es por medio de ramillas o esquejes que algunos llaman también estacas apicales. El prendimiento es alto cuando la técnica se aplica correctamente y porque no afecta a los árboles semilleros cuando de los mismos se toman las semillas. Además, está la ventaja de un menor riesgo de entrada de patógenos por heridas de menor tamaño, de otra parte, el desarrollo de plántones es más rápido (Chiclote, 1985).

Es más fácil encontrar los esquejes de los árboles viejos, aislados, en las ramas que contengan humedad en la corteza y en los primeros meses de lluvia. Es conveniente plantar el mismo día de recolección, en caso contrario se debe conservar los esquejes en musco o tierra húmeda. Para plantar, cada esqueje se corta un centímetro más debajo de las raíces preformadas y se podan las hojas dejando una sola (Chiclote, 1985).

4) Estacas

Para obtener el material hay que seleccionar la planta madre fijándose en las características fenotípicas; la época más recomendable es poco después de haber empezado la época invernal ya que esto estimula a las yemas para que emitan las protuberancias o raíces adventicias preformadas. Las estacas deben ser semi-leñosas, de diámetro mayor a 1 cm y una longitud de 15 a 20 cm; cortadas en forma de bisel y por lo menos dos o tres yemas; luego estas se siembran ubicándolas en forma inclinada, introduciendo aproximadamente 1/3 de la estaca. Una vez establecidas estas, hay que ponerlas bajo sombra (Padilla, 1995).

5) Acodos

El acodo es un método de propagación en el cual se provoca la formación de raíces adventicias a un tallo que está todavía adherido a la planta madre. Luego, el tallo enraizado, acodado se separa para convertirlo en una nueva planta que crece sobre sus

propias raíces. La rama acodada sigue recibiendo agua y minerales debido a que no se corta el tallo y la xilema permanece intacto. En consecuencia, el acodado no depende del período de tiempo que una rama separada (estaca) puede mantenerse antes de que se efectúe el enraizado. (Padilla, 1995).

c. Usos

Constituye una fuente de leña para la cocción de alimentos y madera para la construcción de corrales, mangos de herramientas y tinte les. La corteza posee propiedades medicinales para curar enfermedades respiratorias y renales y también se utiliza como tinte para teñir tejidos. Los bosques son zonas utilizadas para el pastoreo del ganado doméstico nativo (llamas y alpacas) e introducido (ovejas, vacas y cabras) y zonas de cultivo de maíz, papa, cebada, entre otros. (Zeballos, 2010).

4. Distribución de la especie (*Polylepis racemosa*)

El género *Polylepis* se encuentra distribuido en Suramérica, específicamente a lo largo de la Cordillera Andina. El género se distribuye desde Venezuela y Colombia hasta el norte de Chile y centro de Argentina. Las especies se distribuyen a lo largo o por encima del límite superior del bosque continuo. A lo largo de la cordillera de los Andes y sistemas serranos relacionados, desde el norte de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, hasta el norte de Chile, y el noroeste y centro de la Argentina, hasta la altiplanicie de la Pampa de Achala. (Zeballos, 2010).

a. Rango altitudinal

El árbol de *Polylepis* se encuentra entre 2.800 hasta 4.000 msnm, es por tanto uno de los pocos géneros arbóreos que se encuentran hasta esa altitud, a veces cerca de las nieves perpetuas, soporta el alto grado de nubosidad con temperaturas de 4 °C, y un rango de precipitación entre 250 a 2.500 mm. (Lojan, 1992).

En cuanto a requerimiento de suelos, no es exigente crecen bien en suelos pocos ácido y texturas medias; crece en suelos superficiales de ladera y erosionados. (Lojan, 1992).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en la comunidad Tiocajas parroquia Guamote, del cantón Guamote provincia de Chimborazo.

2. Ubicación geográfica

Tabla 7. Ubicación geográfica

| | |
|-------------|------------|
| Altitud | 3660 msnm |
| Coordenadas | UTM 17 SUR |
| Datum | WGS84 |
| X | 74761627 |
| Y | 97856258 |

3. Características climáticas

Tabla 8. Características climáticas del cantón Guamote hacienda totorillas.

| Características climáticas | Valores |
|-----------------------------------|---------------------|
| Precipitación promedio anual | 1200 mm |
| Temperatura máxima | 23°C |
| Temperatura mínima | 0°C |
| Temperatura media anual | 11,5 °C |
| Velocidad de viento | 6 m/s ⁻¹ |
| Humedad relativa promedio | 80 % |
| Nubosidad | 4.4 horas/día |

Fuente: Estación meteorológica totorillas GOYES. J. 2015.

4. Clasificación ecológica

Según MAE 2012. Bosque Húmedo pre-montano.

B. MATERIALES Y EQUIPOS

1. Material genético

Plantas de yagual *Polylepis racemosa*

2. Equipos

Computador, cámara fotográfica, calibrador, cinta métrica.

3. Herramientas

Palas, regla, etiquetas de identificación, regadera, manguera, pitón de riego, medida dosificadora, balde.

4. Insumos

Fertilizantes solubles

C. METODOLOGÍA

a. Diseño experimental

Para esta investigación se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA)

b. Análisis funcional.

Análisis de varianza no paramétrica de Kruskal Wallis al 0,05

c. Factores en estudio

6) Factor A: Dosis de aplicación.

Tabla 9. Factor A dosis de aplicación

| Factor | Dosis ppm NPK | Productos utilizados |
|---------------|------------------------|--|
| A1 | 100 - 50 - 100 | Fosfato mono potásico + Nitrato de potasio + nitrato de amonio |
| A2 | 150 - 75 - 150 | Fosfato mono potásico + Nitrato de potasio + nitrato de amonio |
| A3 | 200 - 100 - 200 | Fosfato mono potásico + Nitrato de potasio + nitrato de amonio |

7) Factor B: Frecuencia de aplicación.

B1 = 2 veces por semana

B2 = 3 veces por semana

8) Esquema de análisis estadístico**Cuadro 2.** Esquema de análisis de varianza

| Fuentes de Variación | Formula | Gl |
|-----------------------------|----------------|-----------|
| Total | $(n - 1)$ | 27 |
| Factor A | $(a - 1)$ | 2 |
| Factor B | $(b - 1)$ | 1 |
| Factor vs Testigo | 2 - 1 | 1 |

9) Tratamientos en estudio

La combinación de los factores en estudio da como resultado 6 tratamientos que se describen a continuación.

Tabla 10. Combinación de los factores

| N° T | CDG | Dosis ppm NPK | Frecuencia de aplicación |
|-------------|----------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1 | A1B1 | 100 - 50 - 100 | 2 veces /semana |
| 2 | A1B2 | 100 - 50 - 100 | 3 veces /semana |
| 3 | A2B1 | 150 - 75 - 150 | 2 veces/semana |
| 4 | A2B2 | 150 - 75 - 150 | 3 veces /semana |
| 5 | A3B1 | 200 - 100 - 200 | 2 veces/semana |
| 6 | A3B2 | 200 - 100 - 200 | 3 veces /semana |
| 7 | TESTIGO | No se aplicó ninguna solución | |

D. ESPECIFICACIONES DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Para la aplicación de las soluciones nutritivas en las plántulas de yagual (*Polylepis racemosa*), se lo realizó en drench sobre la superficie del sustrato de cada planta la cantidad de 40 cc/ día con diferentes concentraciones establecidas para cada tratamiento.

Tabla 11 Especificaciones del campo experimental

| Especificaciones | Cantidades |
|---|--------------------|
| Número de tratamientos | 7 |
| Número de repeticiones | 4 |
| Número total de unidades experimentales | 28 |
| Área total del ensayo | 70 m ² |
| Área neta del ensayo | 63 m ² |
| Área neta del tratamiento | 2,25m ² |
| N° total de plántulas del ensayo | 560 |

| | |
|---|----|
| N° de plántulas por tratamiento | 20 |
| N° de plántulas evaluadas por tratamiento | 5 |

E. MANEJO DE LA INVESTIGACIÓN

1. Adquisición de plántulas

Las plántulas se adquirieron en el vivero forestal de totorillas con alturas que fluctuaban entre 10 a 12 cm, tomados del cuello de la planta.

2. Analís químico del sustrato

Una vez preparado el sustrato con las siguientes componentes, tierra negra 20% cascarilla 20% abono orgánico 10%, tierra del sitio de la investigación Tiocajas Palacio 50%, se procedió a tomar muestras para el laboratorio y se obtuvieron los siguientes resultados. (Ver anexo 11)

3. Cambio de sustrato de las plántulas

Las plántulas adquiridas en el vivero fueron cambiadas de sustrato en fundas más grandes de 8 x 10 pulgadas, para facilitar a las plántulas su desarrollo radicular.

4. Ubicación de las plántulas en el campo

Una vez realizado el cambio de sustrato, se procedió a distribuir las plántulas con sus respectivos tratamientos, y de esta manera se dio inicio a la investigación.

5. Preparación de soluciones nutritivas

Una vez que las plántulas se encuentran ordenadas e identificadas con su tratamiento, se procedió a preparar las soluciones nutritivas de acuerdo a las dosificaciones establecidas. Para lo cual se realizó los siguientes procedimientos:

a. Determinación de la cantidad de agua requerida.

Con el método de infiltración realizados en el laboratorio de riego se determinó la cantidad de 3,5 litros/ m² / día que se requiere de agua.

Posteriormente se determinó la cantidad de agua por planta en una cantidad de 0,04 litros por planta/ día, tomando en cuenta que en cada tratamiento existe 20 plantas, en total para la dosis A1 se requiere 6,4 litros de agua por día y por 7 días se requiere de agua o 44,8 litros

b. Preparación de soluciones para la investigación.

Una vez determinado la cantidad 44,8 litros de agua que se requiere se realizó el cálculo para determinar la cantidad de cada producto fosfato mono potásico, fosfato de amonio y nitrato de amonio para suplir las tres dosis planteadas en la investigación utilizando la siguiente formula

$$C = \frac{M \times F \times L \times F_c}{FN}$$

Donde:

C = Cantidad de producto a utilizar

M = concentración del producto

F = Factor de dilución

L = Cantidad de agua

Fc = Constante

FN = Factor (Arcos, 2016)

Tabla 12 Cantidad de producto utilizado para 45 litros. de agua

| Dosis de concentración ppm NPK para 45 litros | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Productos utilizados | 100 – 50 – 100 | 150 – 75 – 150 | 200 – 100 – 200 |
| Fosfato mono potásico | 9,91 gr | 14, 86 gr | 19,82 gr |
| Nitrato de potasio | 4,61 gr | 6,91 grk | 9,22 gr |
| Nitrato de amonio | 11,47 gr | 17,2 gr | 22,94 gr |

6. pH de la solución

Una vez preparado la solución se procedió a tomar muestras de cada dosificación para verificar los niveles de pH y se obtuvo los siguientes resultados.

A1 = 7

A2 = 7,2

A3 = 7,4

A estos valores no se realizó la corrección del pH por que se encuentran dentro de los rangos óptimos para las especies forestales. (Anexo 18)

7. Aplicación de la solución

La aplicación de la solución se utilizó el método de drench considerando que el requerimiento por día es de 40cc/ planta, distribuido de acuerdo a la frecuencia de aplicación como se detalla en el siguiente cuadro.

Tabla 13. Horario de riego según la frecuencia de aplicación

| FRECUENCIA | LUN | MAR | MIÉR | JUEV | VIER | SAB | DOM |
|-------------------|------------|----------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------------|
| B1 | 160 cc | No se riega | No se riega | No se riega | 120cc | No se riega | No se riega |
| B2 | 80 cc | No se riega | 80cc | No se riega | 120 cc | No se riega | No se riega |

F. VARIABLES A TOMARSE

1. Altura de la planta

La altura de la planta en cm se tomó desde la base del tallo al ápice de la plántula utilizando la cinta métrica las mismas que se tomó a los 30, 60, 90 y 120 días luego de la aplicación de los fertilizantes.

2. Diámetro del tallo

El diámetro de los tallos en (mm) se tomará con un calibrador a los 30, 60, 90 y 120 días luego de la aplicación de las soluciones nutritivas.

3. Número de hojas

El número de hojas se contó cada hoja verdadera que se desarrolle a los 30, 60, 90 y 120 días luego de la aplicación de la solución nutritiva.

V. RESULTADOS

A. ALTURA DE PLANTAS

1. Altura de plantas con la aplicación de soluciones nutritivas a los 30 días

Cuadro 3. Prueba de Kruskal Wallis para altura de planta de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 30 días.

| Tratamiento | Código. | Medias | D.E | Medianas | H | P |
|-------------|---------|--------|------|----------|------|-----------|
| T 1 | A1B1 | 11,06 | 0,86 | 11,00 | 3,39 | 0,7488 Ns |
| T2 | A1B2 | 11,16 | 1,68 | 11,00 | | |
| T3 | A2B1 | 10,76 | 1,29 | 11,00 | | |
| T4 | A2B2 | 11,39 | 1,71 | 11,00 | | |
| T5 | A3B1 | 10,81 | 1,28 | 10,40 | | |
| T6 | A3B2 | 11,02 | 1,71 | 10,40 | | |
| TESTIGO | TEST | 10,49 | 1,14 | 10,30 | | |

Ns: No significativo

De acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis para altura de plantas yagual (*Polylepis racemosa*) a los 30 días después de la aplicación de la solución, en el cuadro 3, se evidencia valor no significativo con el $p = 0,74$.

Por tanto, no se realiza la separación de medias.

2. Altura de plantas con la aplicación de soluciones nutritivas a los 60 días

Cuadro 4. Prueba de Kruskal Wallis para altura de planta de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 60 días.

| Tratamiento | Código. | Medias | D.E | Medianas | H | P |
|-------------|---------|--------|------|----------|-------|------------|
| T 1 | A1B1 | 12,93 | 0,97 | 13,00 | 47,45 | <0,0001 ** |
| T2 | A1B2 | 13,66 | 1,94 | 13,00 | | |
| T3 | A2B1 | 13,93 | 1,04 | 14,00 | | |
| T4 | A2B2 | 14,61 | 2,11 | 13,95 | | |
| T5 | A3B1 | 14,54 | 1,36 | 14,15 | | |
| T6 | A3B2 | 15,20 | 1,77 | 14,30 | | |
| TESTIGO | TEST | 12,29 | 1,15 | 12,30 | | |

** : Altamente significativo.

De acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis para altura de plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 60 días después de la aplicación de la solución, en el cuadro 4, se evidencia valores altamente significativos, con $p = 0.001$ y un promedio más alto de 15,20 cm que corresponde a la aplicación de 200 -100 – 200 ppm de NPK y con frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6) y el promedio bajo con 12,29 cm que corresponde al testigo.

Por lo que se procede a realizar la separación de medias según Kruskal al 0,05

Cuadro 5. Separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para altura de planta de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 60 días

| Tratamiento | Código. | Medias | Rango |
|-------------|---------|--------|-------|
| T 6 | A3B2 | 15,20 | A |
| T5 | A3B1 | 14,54 | AB |
| T4 | A2B2 | 14,61 | BC |
| T3 | A2B1 | 13,93 | CD |
| T2 | A1B2 | 13,66 | CDE |
| T1 | A1B1 | 12,93 | DE |
| TESTIGO | TEST | 12,29 | E |

La separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para altura de plantas de yagual a los 60 días se observa en el Cuadro 5, diferentes niveles de significancia en el nivel A se encuentra el T6 y en el último nivel E se encuentra el testigo, el resto de tratamientos se encuentra en rangos intermedios.



Gráfico 1. Separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para altura de planta de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 60 días

En el gráfico 1, se demuestra que la aplicación de 200 – 100 – 200 ppm NPK con frecuencia de tres veces por semana T6 supera en altura (cm) al testigo con 2,91 cm que corresponde al 19,14%.

3. Altura de plantas con la aplicación de soluciones nutritivas a los 90 días.

Cuadro 6. Prueba de Kruskal Wallis para altura de planta de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 90 días.

| Tratamiento | Código. | Medias | D.E | Medianas | H | P |
|-------------|---------|--------|------|----------|-------|------------|
| T 1 | A1B1 | 15,20 | 1,18 | 15,00 | 78,55 | <0,0001 ** |
| T2 | A1B2 | 16,86 | 2,36 | 16,65 | | |
| T3 | A2B1 | 17,05 | 1,61 | 17,25 | | |
| T4 | A2B2 | 18,31 | 2,52 | 18,00 | | |
| T5 | A3B1 | 18,81 | 1,71 | 18,30 | | |
| T6 | A3B2 | 21,14 | 2,20 | 21,30 | | |
| TESTIGO | TEST | 14,96 | 1,24 | 14,30 | | |

**; altamente significativo

De acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis para altura de plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 90 días después de la aplicación de la solución, en el cuadro 6, se evidencia el valor altamente significativo, con $p = 0.0001$ con un promedio de 21,14 cm que corresponde a la aplicación 200 -100 – 200 ppm de NPK con frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6) el promedio más bajo 14,99 cm, que corresponde al testigo.

Por tanto, se procede a realizar la separación de media según Kruskal al 0,05

Cuadro 7. Separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para altura de planta de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 90 días.

| Tratamiento | Código. | Medias | Rango |
|-------------|---------|--------|-------|
| T6 | A3B2 | 21,14 | A |
| T5 | A3B1 | 18,81 | A |
| T4 | A2B2 | 18,31 | B |
| T3 | A2B1 | 17,05 | B |
| T2 | A1B2 | 16,86 | BC |
| T 1 | A1B1 | 15,20 | CD |
| TESTIGO | TEST | 14,96 | D |

La separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 en el Cuadro 7 se observa diferentes niveles de significancia, en el nivel A se ubica el T6 en el nivel D se encuentra el testigo, el resto de los tratamientos se ubican en rangos intermedios

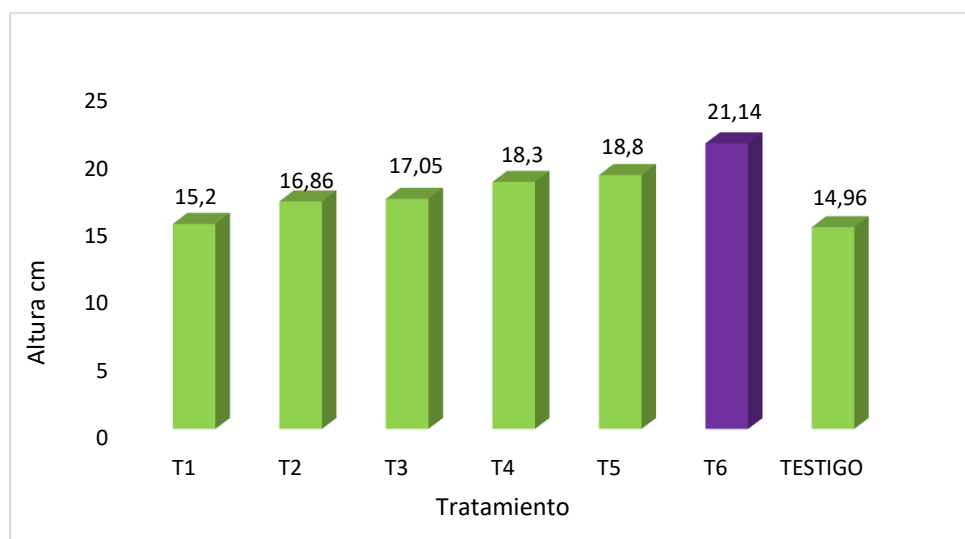


Gráfico 2. Separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para altura de planta de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 90 días.

En el gráfico 2, se demuestra que la aplicación de 200 – 100 -200 ppm de NPK con la frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6), supera al tratamiento testigo con una diferencia en altura de 6,18 cm que corresponde a 29,23%.

4. Altura de plantas con la aplicación de soluciones nutritivas a los 120 días

Cuadro 8. Prueba de Kruskal Wallis para altura de planta de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 120 días.

| Tratamiento | Código. | Medias | DE | Medianas | H | P |
|-------------|---------|--------|------|----------|-------|-----------|
| T 1 | A1B1 | 17,44 | 1,41 | 17,50 | 98,01 | <0,0001** |
| T2 | A1B2 | 19,92 | 2,93 | 19,95 | | |
| T3 | A2B1 | 20,67 | 2,39 | 21,25 | | |
| T4 | A2B2 | 22,97 | 2,93 | 23,20 | | |
| T5 | A3B1 | 24,51 | 2,26 | 24,15 | | |
| T6 | A3B2 | 28,16 | 2,25 | 28,15 | | |
| TESTIGO | TEST | 17,23 | 1,77 | 17,00 | | |

** : Altamente significativos

De acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis para altura de plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 120 días después de la aplicación de la solución, en el Cuadro 8, se evidencia valores altamente significativos, con $p = 0,0001$ con un promedio de más alto de 28,16 cm que corresponde a la aplicación de 200 -100 – 200 ppm de NPK con frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6) y con el promedio más bajo 17,23 cm que corresponde al testigo.

Por lo que se procede a realizar la separación de medias según Kruskal al 0,05

Cuadro 9. Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para altura de planta de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 120 días

| Tratamiento | Código. | Medias | Rango |
|-------------|---------|--------|-------|
| T6 | A3B2 | 28,16 | A |
| T5 | A3B1 | 24,51 | A |
| T4 | A2B2 | 22,97 | B |
| T3 | A2B1 | 20,67 | BC |
| T2 | A1B2 | 19,92 | CD |
| T 1 | A1B1 | 17,44 | DE |
| TESTIGO | TEST | 17,23 | E |

La separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 en el cuadro 9, se observa diferentes niveles de significancia, en el nivel A se ubica el T6, en el nivel E se encuentra el testigo, el resto de los tratamientos se ubican en rangos intermedios

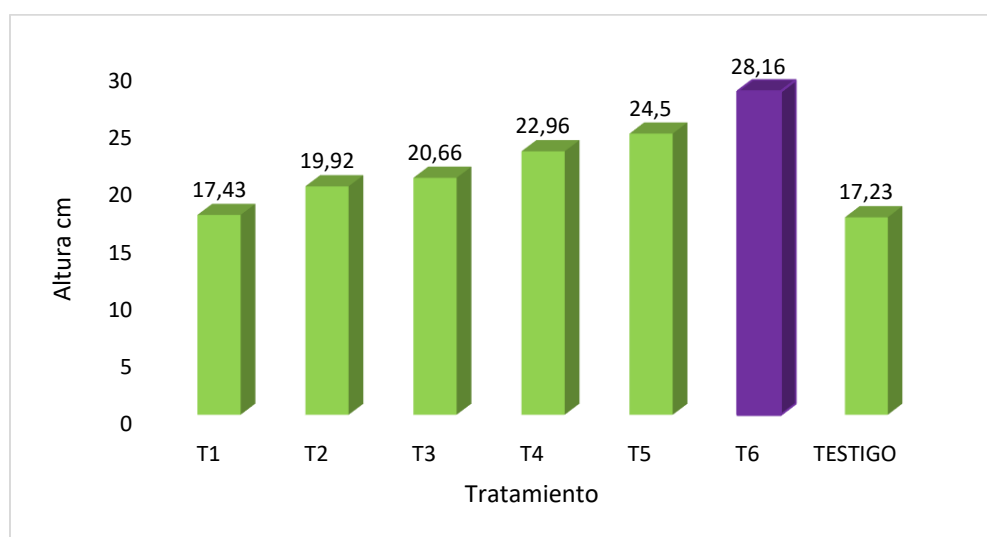


Gráfico 3. Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para altura de planta de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 120 días

En el gráfico 3, se observa que la aplicación de 200 – 100 -200 ppm de NPK con la frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6), supera al tratamiento testigo con una diferencia en altura de 10,93 cm que corresponde 38,8%

Discusión

En los primeros 30 días de la medición no se observan diferencias significativas en altura, debido a que se efectuó las primeras aplicaciones de la solución por tanto las respuestas en crecimiento producto de la fertilización nunca son inmediatas, Escobar R, 2017 con la aplicación de dosis crecientes de nitrógeno en (*E. glóbulos*), las cuales correspondieron a 50, 100, 150 y 200 mg L⁻¹ observó un aumento significativo en la altura promedio de las plantas a partir de la quinta semana del ensayo, con esto ratificamos que la reacción de las plantas a la fertilización no es inmediata. A los 120 días con la aplicación de 200 – 100 – 200 ppm NPK (T6) se obtuvo un crecimiento del 38,8% sobre el tratamiento testigo, Mientras que Hernández A 2012. Con la aplicación de nitrógeno con concentraciones de 400 mg L⁻¹ y 150 mg L⁻¹ fósforo y potasio en plantas de *P. radiata* obtuvo un incremento del 93% en crecimiento, por tanto, concuerdan con lo planteado por Landis, (2000), quien señala que niveles elevados de nitrógeno fósforo y potasio promueve una rápida división y elongación celular, deduciendo estas aseeraciones podemos indicar que a mayores concentraciones de nitrógeno fósforo y potasio mayor es el crecimiento de las plantas.

B. DIÁMETRO DEL TALLO (mm)

1. Diámetro del tallo con la aplicación de soluciones nutritivas a los 30 días.

Cuadro 10. Prueba de Kruskal Wallis para diámetro de planta, (*Polylepis racemosa*) yagual a los 30 días.

| Tratamiento | Código. | Medias(mm) | D.E | Medianas | H | P |
|-------------|---------|------------|------|----------|------|-----------|
| T 1 | A1B1 | 6,35 | 0,81 | 6,00 | 8,24 | 0,1759 Ns |
| T2 | A1B2 | 6,35 | 0,93 | 6,00 | | |
| T3 | A2B1 | 6,15 | 1,04 | 6,00 | | |
| T4 | A2B2 | 6,35 | 1,04 | 6,00 | | |
| T5 | A3B1 | 6,80 | 1,24 | 7,00 | | |
| T6 | A3B2 | 6,40 | 1,31 | 6,00 | | |
| TESTIGO | TEST | 5,80 | 0,89 | 6,00 | | |

Ns; Nos significativo

De acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis para el diámetro (mm) del tallo de las plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 30 días después de la aplicación de la solución, en el cuadro 10, se evidencia valores no significativos, con $p = 0,17$ y por tanto no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Por tanto, no se realiza la separación de medias

2. Diámetro del tallo con la aplicación de soluciones nutritivas a los 60 días.

Cuadro 11. Prueba de Kruskal Wallis para diámetro de planta de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 60 días.

| Tratamiento | Código. | Medias | DE | Medianas | H | P |
|-------------|---------|--------|------|----------|-------|----------|
| T 1 | A1B1 | 7,45 | 0,83 | 7,00 | 19,32 | 0,0018** |
| T2 | A1B2 | 7,25 | 1,02 | 7,50 | | |
| T3 | A2B1 | 7,15 | 1,04 | 7,00 | | |
| T4 | A2B2 | 7,50 | 0,95 | 7,00 | | |
| T5 | A3B1 | 7,95 | 1,32 | 8,00 | | |
| T6 | A3B2 | 7,95 | 1,19 | 8,00 | | |
| TESTIGO | TEST | 6,55 | 0,94 | 6,00 | | |

**; Altamente significativo

De acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis para el diámetro (mm) del tallo de las plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 60 días después de la aplicación de la solución, en el cuadro 11, se evidencia valor altamente significativo, con $p = 0,0018$ y la media más alto es 7,95 mm que corresponde a la aplicación 200 -100 – 200 ppm de NPK, con frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6) y con el promedio más bajo 6,55 mm que corresponde al testigo,

Por tanto, se procede a realizar las separaciones de media según Kruskal al 0,05

Cuadro 12. Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el diámetro de tallo de plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 60 días.

| Tratamiento | Código. | Medias | Rango |
|-------------|---------|--------|-------|
| T6 | A3B2 | 7,95 | A |
| T5 | A3B1 | 7,95 | AB |
| T4 | A2B2 | 7,50 | BC |
| T 1 | A1B1 | 7,45 | BC |
| T2 | A1B2 | 7,25 | BC |
| T3 | A2B1 | 7,15 | BC |
| TESTIGO | TEST | 6,55 | C |

La separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 en el cuadro 12, se observa diferentes niveles de significancia, en el nivel A se ubica el T6 y en el nivel E se encuentra el testigo, el resto de los tratamientos se ubican en rangos intermedios

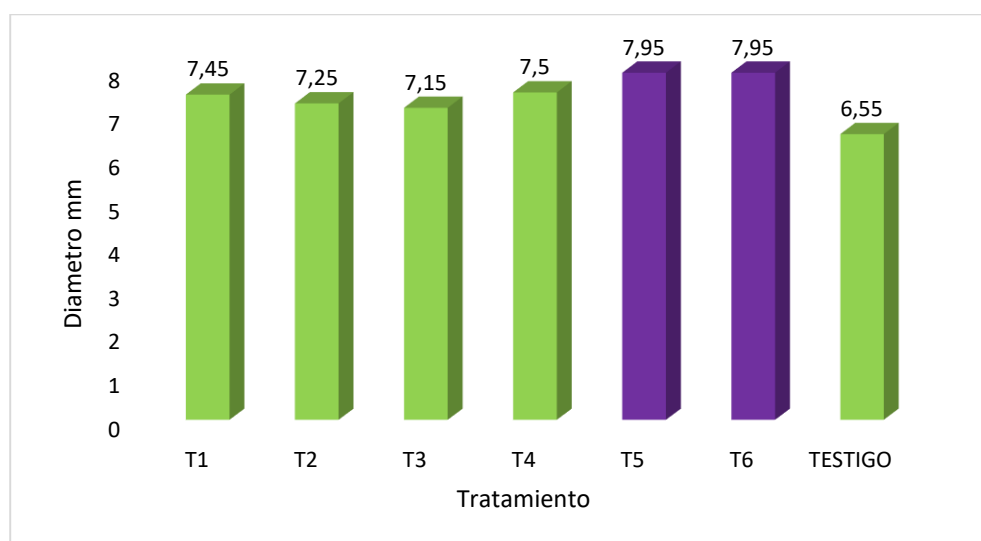


Gráfico 4. Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el diámetro de tallo de plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 60 días.

En el gráfico 4, se observa que la aplicación de 200 – 100 -200 ppm de NPK con la frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6), supera al tratamiento testigo con una diferencia de 1,4 mm que corresponde 17,6%

3. Diámetro del tallo con la aplicación de soluciones nutritivas a los 90 días

Cuadro 13. Prueba de Kruskal Wallis para diámetro del tallo de planta de yagual, (*Polylepis racemosa*) a los 90 días.

| Tratamiento | Código. | Medias(mm) | DE | Medianas | H | P |
|-------------|---------|------------|------|----------|-------|-----------|
| T 1 | A1B1 | 8,60 | 0,88 | 9,00 | 45,62 | <0,0001** |
| T2 | A1B2 | 8,50 | 1,00 | 8,50 | | |
| T3 | A2B1 | 8,40 | 1,10 | 8,50 | | |
| T4 | A2B2 | 9,05 | 1,00 | 9,00 | | |
| T5 | A3B1 | 9,50 | 1,28 | 9,00 | | |
| T6 | A3B2 | 9,90 | 1,21 | 10,00 | | |
| TESTIGO | TEST | 7,30 | 0,92 | 7,00 | | |

**; Altamente significativo

De acuerdo la prueba de Kruskal Wallis para el diámetro del tallo de plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 90 días después de la aplicación de la solución, en el cuadro 13, se evidencia valores altamente significativos, con $p = 0.0001$ con la media más alta de 9,9 mm que corresponde a la aplicación de 200 -100 – 200 ppm de NPK con frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6) y el promedio bajo es el 7,3 mm que corresponde al testigo.

Por tanto, se procede a realizar la separación de media según Kruskal al 0,05

Cuadro 14. Separaciones de medias mediante de Kruskal Wallis al 0,05 para el diámetro del tallo de plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 90 días.

| Tratamiento | Código. | Medias (mm) | Rango |
|-------------|---------|-------------|-------|
| T6 | A3B2 | 9,90 | A |
| T5 | A3B1 | 9,50 | B |
| T4 | A2B2 | 9,05 | B |
| T 1 | A1B1 | 8,60 | BC |
| T2 | A1B2 | 8,50 | BCD |
| T3 | A2B1 | 8,40 | CD |
| TESTIGO | TEST | 7,30 | C |

La separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 en el cuadro 14 se observa diferentes niveles de significancia, en el nivel A se ubica el T6) y en el nivel C el testigo, el resto de los tratamientos se ubican en rangos intermedios

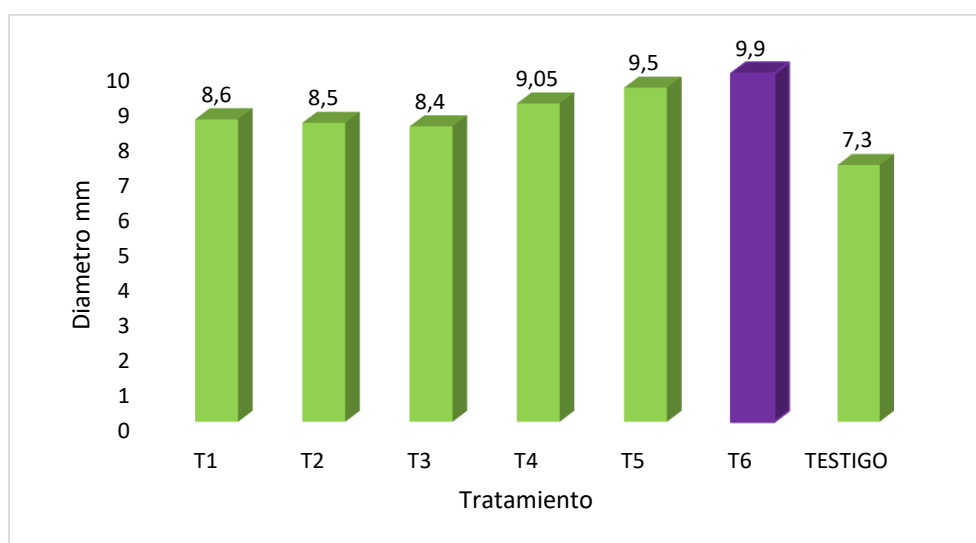


Gráfico 5. Separaciones de medias mediante de Kruskal Wallis al 0,05 para el diámetro del tallo de plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 90 días.

En el gráfico 5, se observa que la aplicación de 200 – 100 -200 ppm de NPK con la frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6), supera al tratamiento testigo con una diferencia de 2,6 mm que corresponde 26,2%

4. Diámetro del tallo con la aplicación de soluciones nutritivas a los 120 días.

Cuadro 15. Prueba de Kruskal Wallis para diámetro de planta, (*Polylepis racemosa*) yagual a los 120 días.

| Tratamiento | Código. | Medias | D.E | Medianas | H | P |
|-------------|---------|--------|------|----------|------|-----------|
| T 1 | A1B1 | 9,70 | 0,92 | 10,00 | 9,88 | <0,0001** |
| T2 | A1B2 | 9,75 | 0,91 | 10,00 | | |
| T3 | A2B1 | 9,95 | 1,15 | 10,00 | | |
| T4 | A2B2 | 10,55 | 1,10 | 11,00 | | |
| T5 | A3B1 | 11,25 | 1,29 | 11,00 | | |
| T6 | A3B2 | 11,85 | 0,93 | 12,00 | | |
| TESTIGO | TEST | 8,30 | 0,86 | 8,00 | | |

**; Altamente significativo

De acuerdo con la prueba de Kruskal Wallis para el diámetro de plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 120 días después de la aplicación de la solución, en el cuadro 15, se evidencia valores altamente significativos, $p = 0,0001$ el promedio más alto es 11,85 mm que corresponde a la aplicación 200 -100 – 200 ppm de NPK con frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6) y el promedio bajo es 8,33 que corresponde al testigo,

Por tanto, se procede a realizar la comparación de media según Kruskal al 0,05

Cuadro 16. Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para diámetro del tallo de plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 120 días

| Tratamiento | Código | Medias | Rango |
|-------------|--------|--------|-------|
| T6 | A3B2 | 11,85 | A |
| T5 | A3B1 | 11,25 | B |
| T4 | A2B2 | 10,55 | BC |
| T3 | A2B1 | 9,95 | BC |
| T2 | A1B2 | 9,75 | CD |
| T 1 | A1B1 | 9,70 | DE |
| TESTIGO | TEST | 8,30 | E |

La separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 en el cuadro 16 se observa diferentes niveles de significancia, en el nivel A se ubica el T6 y en el nivel E el testigo, el resto de los tratamientos se ubican en rangos intermedios.

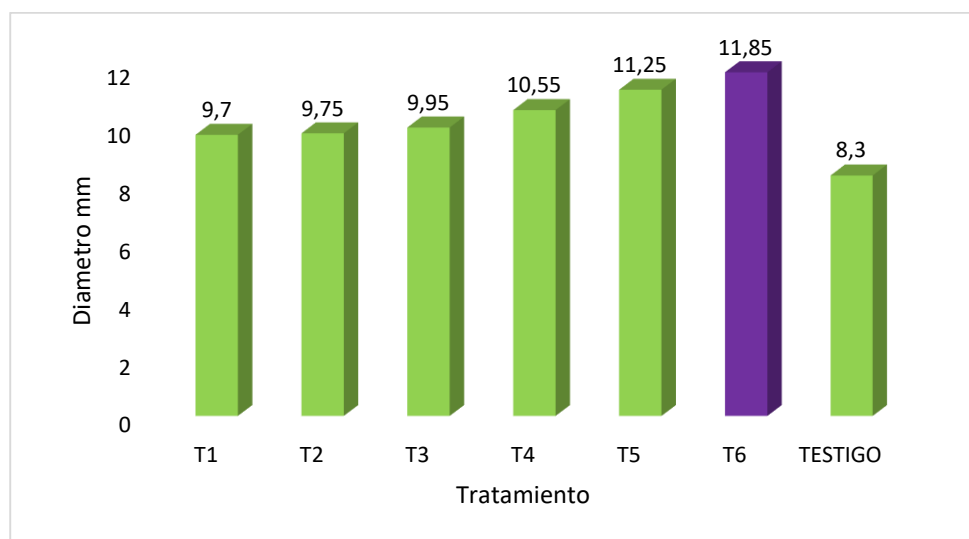


Gráfico 6. Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para diámetro del tallo de plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 120 días

En el gráfico 6, se observa que la aplicación de 200 – 100 -200 ppm de NPK con la frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6), supera al tratamiento testigo con una diferencia de 3,5 mm que corresponde 29,9%.

Discusión

Las plantas que recibieron la solución de 200 – 100 – 200 ppm de NPK registraron un incremento de 3.55 mm que corresponde al 29,9% en diámetro con respecto al testigo, estos valores se contrastan con los resultados obtenidos por Cardoso 2014 al aplicar 75 gramos/planta de 10 – 30 -10 NPK en plantas de *P. incana* al momento de la plantación obtuvo un incremento de 22,38% esto podría ser explicado probablemente por el tamaño de las plantas y el número de brotes por planta, esto que influye en el crecimiento de las plantas, no así en su diámetro.

C. NÚMERO DE HOJAS

1. Número de hojas con la aplicación de soluciones nutritivas a los 30 días.

Cuadro 17. Prueba de Kruskal Wallis para el número de hojas en planta de yagual, (*Polylepis racemosa*) a los 30 días.

| Tratamiento | Código. | Medias(mm) | D.E | Medianas | H | p |
|-------------|---------|------------|------|----------|-------|-----------|
| T 1 | A1B1 | 4,20 | 1,28 | 4,00 | 14,68 | 0,0181 ** |
| T2 | A1B2 | 4,55 | 1,76 | 4,00 | | |
| T3 | A2B1 | 4,95 | 2,42 | 4,00 | | |
| T4 | A2B2 | 4,85 | 2,08 | 4,50 | | |
| T5 | A3B1 | 4,85 | 1,18 | 5,00 | | |
| T6 | A3B2 | 5,40 | 1,43 | 5,00 | | |
| TESTIGO | TEST | 3,65 | 0,93 | 4,00 | | |

**; Significativo

De a la prueba de Kruskal Wallis para el número de hojas de plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 30 días después de la aplicación de la solución, en el cuadro 17, se evidencia valores altamente significativos, $p = 0,0181$ el promedio más alto es las 5,4 hojas que corresponde a la aplicación de 200 -100 – 200 ppm de NPK con frecuencia de aplicación tres veces por semana, (T6) y el promedio bajo con 3,65 hojas que corresponde al testigo.

Por tanto, se procede realizar la comparación de media según Kruskal al 0,05

Cuadro 18. Separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el número de hojas en planta de yagual, (*Polylepis racemosa*) a los 30 días

| Tratamiento | Código. | Medias(mm) | Rango |
|-------------|---------|------------|-------|
| T6 | A3B2 | 5,40 | A |
| T3 | A2B1 | 4,95 | AB |
| T4 | A2B2 | 4,85 | ABC |
| T5 | A3B1 | 4,85 | BC |
| T2 | A1B2 | 4,55 | BC |
| T 1 | A1B1 | 4,20 | BC |
| TESTIGO | TEST | 3,65 | C |

La separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 en el cuadro 18 se observa diferentes niveles de significancia, en el nivel A se ubica el T6 y en el nivel C el testigo, el resto de los tratamientos se ubican en rangos intermedios

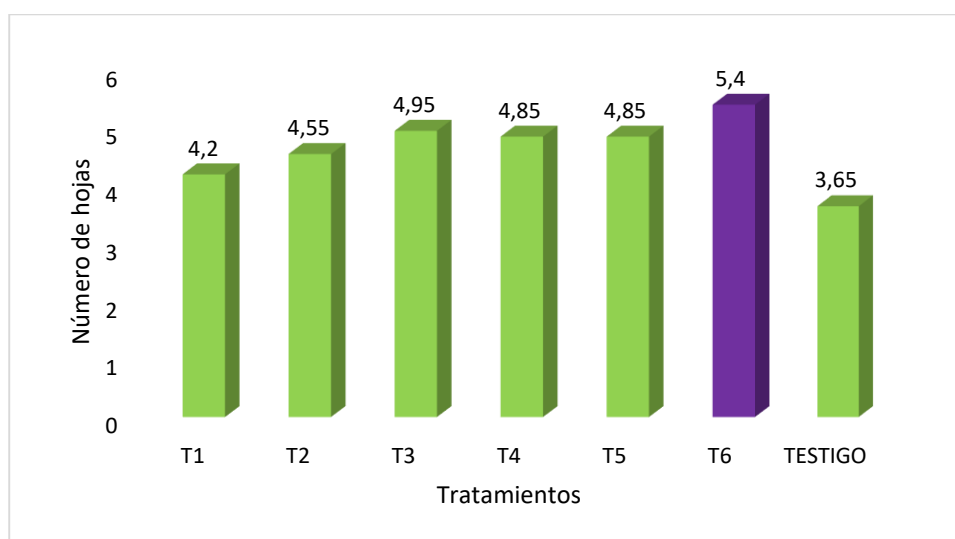


Gráfico 7. Separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el número de hojas en planta de yagual, (*Polylepis racemosa*) a los 30 días

En el gráfico 7, se observa que la aplicación de 200 – 100 -200 ppm de NPK con la frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6), supera al tratamiento testigo con una diferencia de 2 hojas que corresponde al 32,4%

2. Número de hojas con la aplicación de soluciones nutritivas a los 60 días.

Cuadro 19. Prueba de Kruskal Wallis para el número de hojas en planta de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 60 días.

| Tratamiento | Código. | Medias(mm) | D.E | Medianas | H | P |
|-------------|---------|------------|------|----------|-------|-----------|
| T 1 | A1B1 | 7,65 | 1,23 | 8,00 | 46,70 | <0,0001** |
| T2 | A1B2 | 8,15 | 2,28 | 7,50 | | |
| T3 | A2B1 | 8,80 | 2,38 | 8,00 | | |
| T4 | A2B2 | 9,25 | 2,22 | 9,00 | | |
| T5 | A3B1 | 9,65 | 1,84 | 9,50 | | |
| T6 | A3B2 | 10,40 | 1,96 | 10,00 | | |
| TESTIGO | TEST | 6,50 | 0,95 | 6,50 | | |

**; Altamente significativo

De acuerdo a la prueba de Kruskal Wallis para el número de hojas en las plantas (*Polylepis racemosa*) yagual a los 60 días después de la aplicación de la solución, en el cuadro 19, se evidencia valores significativos, $p = 0,0001$ con un promedio más alto con 10,04 hojas que corresponde a la aplicación de 200 -100 – 200 ppm de NPK con frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6) y la media más baja 6,5 hojas que corresponde al testigo.

Por tanto, se procede a realizar la separación de media según Kruskal al 0,05.

Cuadro 20. Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el número de hojas en planta de yagual, (*Polylepis racemosa*) a los 60 días.

| Tratamiento | Código. | Medias | Rango |
|-------------|---------|--------|-------|
| T6 | A3B2 | 10,40 | A |
| T5 | A3B1 | 9,65 | B |
| T4 | A2B2 | 9,25 | BC |
| T3 | A2B1 | 8,80 | BCD |
| T2 | A1B2 | 8,15 | CDE |
| T 1 | A1B1 | 7,65 | DE |
| TESTIGO | TEST | 6,50 | E |

En el cuadro 20 se observa las separaciones de medias mediante Kruskal Wallis en la misma se encuentra 5 niveles de significancia en el nivel A se ubica el T6 y en el último nivel E se encuentra el testigo, el resto de tratamientos se ubican en rangos intermedios.

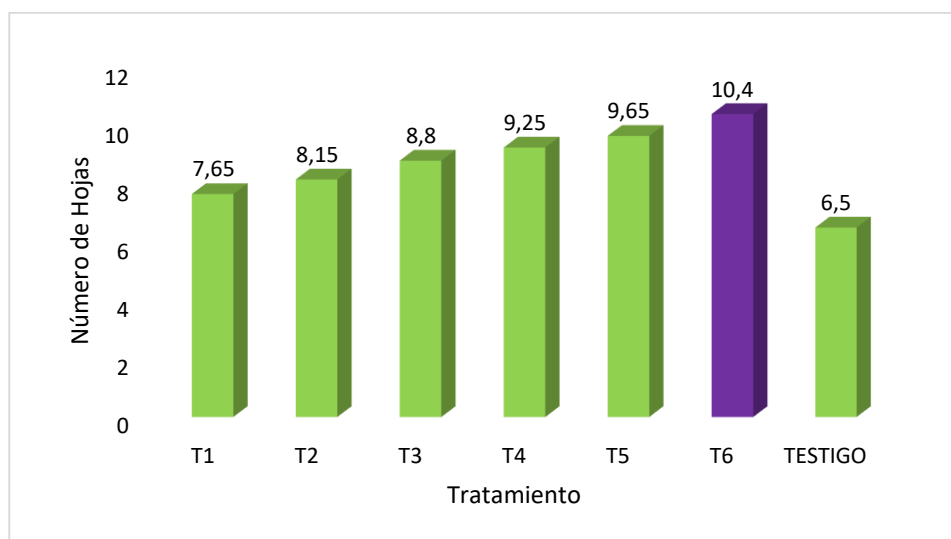


Gráfico 8. Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el número de hojas en planta de yagual, (*Polylepis racemosa*) a los 60 días.

En el gráfico 8, se observa que la aplicación de 200 – 100 -200 ppm de NPK con la frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6), supera al tratamiento testigo con una diferencia de 4 hojas que corresponde al 37,5%

3. Número de hojas con la aplicación de soluciones nutritivas a los 90 días

Cuadro 21. Prueba de Kruskal Wallis para el número de hojas de las plantas, (*Polylepis racemosa*) yagual a los 90 días.

| Tratamiento | Código. | Medias(mm) | D.E | Medianas | H | P |
|-------------|---------|------------|------|----------|-------|-----------|
| T 1 | A1B1 | 13,35 | 1,98 | 13,00 | 56,11 | <0,0001** |
| T2 | A1B2 | 14,10 | 2,55 | 13,50 | | |
| T3 | A2B1 | 15,00 | 3,03 | 15,00 | | |
| T4 | A2B2 | 15,75 | 2,29 | 15,50 | | |
| T5 | A3B1 | 16,75 | 2,15 | 17,00 | | |
| T6 | A3B2 | 17,75 | 2,27 | 18,00 | | |
| TESTIGO | TEST | 11,95 | 1,99 | 12,00 | | |

**; Altamente significativo

Con la prueba de Kruskal Wallis para número de hojas en las plantas (*Polylepis racemosa*) yagual a los 90 días después de la aplicación de la solución, en el cuadro 21, se evidencia valor altamente significativo con $p = 0.0001$, y el promedio más alto es 17,75 hoja que corresponde a la aplicación de 200 -100 – 200 ppm de NPK con frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6). Y el promedio bajo es 11,95 hojas.

Entonces se procede a realizar la separación de medias según Kruskal al 0,05

Cuadro 22. Separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el número de hojas en planta de yagual, (*Polylepis racemosa*) a los 90 días.

| Tratamiento | Código. | Medias | Rango |
|-------------|---------|--------|-------|
| T6 | A3B2 | 17,75 | A |
| T5 | A3B1 | 16,75 | AB |
| T4 | A2B2 | 15,75 | BC |
| T3 | A2B1 | 15,00 | BC |
| T2 | A1B2 | 14,10 | CD |
| T 1 | A1B1 | 13,35 | DE |
| TESTIGO | TEST | 11,95 | E |

En el cuadro 22, se observa las comparaciones de Kruskal con 5 niveles de significancia en el nivel A se encuentra el T6 y en el nivel E se encuentra el testigo, el resto de tratamiento se ubica en rangos intermedios.

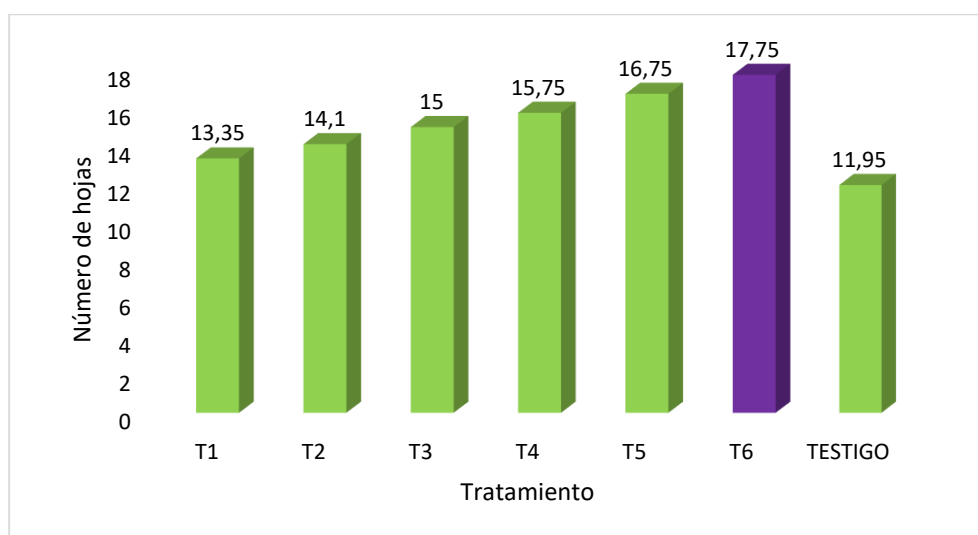


Gráfico 9. Separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el número de hojas en planta de yagual, (*Polylepis racemosa*) a los 90 días.

En el gráfico 9, se observa que la aplicación de 200 – 100 -200 ppm de NPK con la frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6), supera al tratamiento testigo con una diferencia de 6 hojas que corresponde al 32,6%

4. Número de hojas con la aplicación de soluciones nutritivas a los 120 días

Cuadro 23. Prueba de Kruskal Wallis para el número de hojas de las plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 120 días.

| Tratamiento | Código. | Medias | D.E | Medianas | H | P |
|-------------|---------|--------|------|----------|--------|-----------|
| T 1 | A1B1 | 19,15 | 1,73 | 19,00 | 100,75 | <0,0001** |
| T2 | A1B2 | 21,80 | 2,65 | 22,00 | | |
| T3 | A2B1 | 23,40 | 3,39 | 23,00 | | |
| T4 | A2B2 | 24,20 | 2,84 | 24,00 | | |
| T5 | A3B1 | 26,95 | 2,98 | 27,50 | | |
| T6 | A3B2 | 28,95 | 2,65 | 29,00 | | |
| TESTIGO | TEST | 16,35 | 1,69 | 16,50 | | |

** : Altamente significativo

De acuerdo la prueba de Kruskal Wallis para el número de hojas en las plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) a los 120 días después de la aplicación de la solución, en el (Cuadro 23), se evidencia valore altamente significativo con $p = 0.0001$, y el promedio más alto es 28,95 hojas que corresponde a la aplicación 200 -100 – 200 ppm de NPK con frecuencia de aplicación tres veces por semana (T6) y el promedio bajo es 16,35 hojas que es el testigo,

Por tanto, se procede a realizar la separación de media según Kruskal 0,05

Cuadro 24. Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el número de hojas a los 120 días.

| Tratamiento | Código. | Medias | Rango |
|-------------|---------|--------|-------|
| T6 | A3B2 | 28,95 | A |
| T5 | A3B1 | 26,95 | AB |
| T4 | A2B2 | 24,20 | BC |
| T3 | A2B1 | 23,40 | C |
| T2 | A1B2 | 21,80 | CD |
| T 1 | A1B1 | 19,15 | DE |
| TESTIGO | TEST | 16,35 | E |

La separación de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 en el cuadro 24 se observa diferentes niveles de significancia, en el nivel A se ubica el T6 y en el nivel E el testigo, el resto de los tratamientos se ubican en rangos intermedios

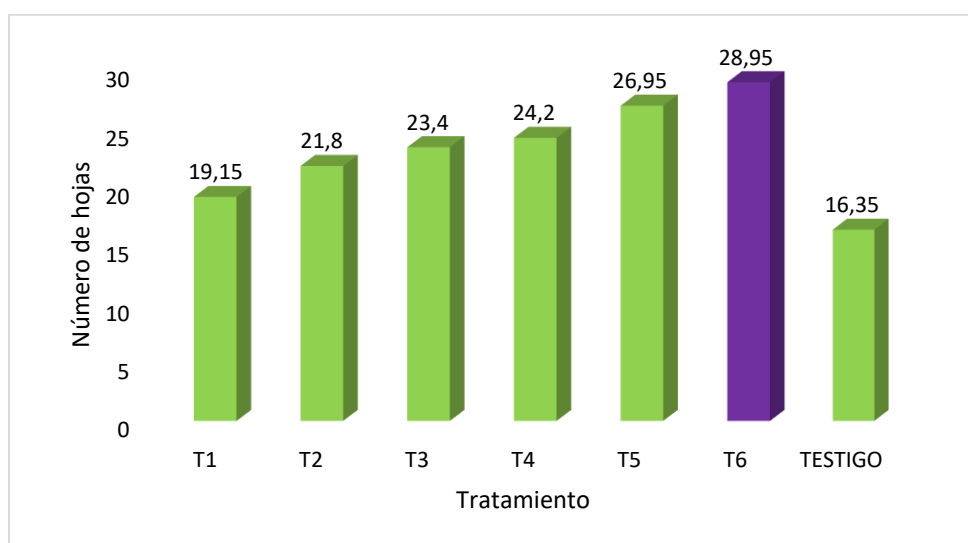


Gráfico 10. Separaciones de medias mediante Kruskal Wallis al 0,05 para el número de hojas a los 120 días.

En el gráfico 10 se observa que la aplicación de 200 – 100 -200 ppm de NPK con la frecuencia de tres veces por semana (T6), supera al tratamiento testigo con una diferencia de 13 hojas que corresponde al 43,5%

Discusión

Los resultados expresados en el gráfico 10 con la aplicación de 200 – 100 – 200 ppm NPK y la frecuencia de tres veces por semana (T6) tuvo un incremento del 43,5% a los 120 días, mientras que Cardoso 2014. Con la aplicación de 75 gramos/planta de 10 – 30 – 10 de NPK en plantas de *P. incana* al momento de la plantación, a los 120 días después de la aplicación obtuvo un incremento de 54,86%, en comparación con estos resultados los resultados obtenido en nuestra investigación son menores.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones

- a. A los primeros 30 días de la aplicación de la solución para las variables altura y diámetro en las plantas de yagual (*Polylepis racemosa*) no tiene incidencia; a partir de 60 días el mejor resultado se logró con la dosis de 200 – 100 – 200 ppm de NPK superando con 38,8 % en altura, 29,9% en diámetro y 43,5% en el número de hojas frente al tratamiento testigo.
- b. La mejor frecuencia de aplicación de la solución nutritiva fue tres veces por semana.

B. RECOMENDACIONES.

- a. Aplicar soluciones nutritivas con concentraciones de 200 – 100 – 200- ppm NPK como las evaluadas en la presente investigación en plántulas a nivel de vivero.
- b. Realizar estudios similares con concentraciones superiores a esta investigación y determinar el nivel de tolerancia de concentración de soluciones nutritivas en especies forestales para determinar rangos de fitotoxicidad en plantas nativas.
- c. Realizar investigaciones similares considerando el pH conductividad eléctrica y los análisis del sustrato tomando en cuenta como factores de estudio para determinar rangos óptimos en las especies forestales.
- d. Realizar estudios considerando otros sustratos, tamaño de fundas, la aplicación foliar y edáfica de soluciones nutritivas.

VII. RESUMEN

La presente investigación propone: evaluar tres soluciones nutritivas y dos frecuencia de aplicación en el crecimiento de plantulas de *Polylepis racemosa* (yagual), en la comunidad Tiocajas Palacio parroquia Guamote del cantón Guamote provincia de Chimborazo; se utilizaron las siguientes dosis de concentración, 100 – 50 – 100 ppm de NPK, 150 – 75 – 150 ppm NPK y 200 - 100 - 200 ppm NPK, que se aplicó 40 cc de solución por planta y por día, utilizando las siguientes productos como fuente de cada elemento, fosfato mono potásico, nitrato de potasio y nitrato de amonio, con frecuencias de aplicación cada 2 y 3 veces por semana, mismo que al combinarse produjeron 6 tratamientos más un testigo absoluto con cuatro repeticiones, el diseño estadístico utilizado fue el diseño de bloque completamente al azar (DBCA), evaluándose a los 30, 60, 90, y 120 días los siguientes parámetros altura (cm), diámetro (mm) y numero de hojas. El tratamiento que arrojó mejores resultados para la altura de plantas (cm) luego de la aplicación de la solución fue el A3B2 que corresponde a 200 - 100 - 200 ppm NPK y la frecuencia de aplicación 3 veces por semana; par el diámetro (mm) fue el A3B2 que corresponde a 200 - 100 - 200 ppm NPK y la frecuencia de aplicación 3 veces por semana: para el numero de hojas fue el A3B2 que corresponde a 200 - 100 - 200 ppm NPK y la frecuencia de aplicación 3 veces por semana. por tanto, el mejor tratamiento es T6 para todas las variables evaluadas.

Palabras clave: SOLUCIÓN NUTRITIVA - FRECUENCIA DE APLICACIÓN - CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.



VIII. SUMARY

The present investigation proposes: to evaluate three solutions of nutritious solutions and two frequencies of application in the growth of the seedlings of *Polylepis racemosa* (yagual), in the community Tiocajas Palacio Guamote parish of the Guamote canton province of Chimborazo; the following concentration doses were used, 100 - 50 - 100 ppm NPK, 150-75-150 ppm NPK and 200-100-200 ppm NPK, which was applied 40 cc of solution per plant per day, using the following products as source of each element, mono potassium phosphate, potassium nitrate and ammonium nitrate, often applied every 2 and 3 times per week, which when combined produced 6 treatments plus an absolute control with four repetitions, the statistical design used was the completely random block design (DBCA), being evaluated at 30, 60, 90, and 120 days the following parameters height (cm), diameter (mm) and number of leaves. The treatment that gave the best results for the height of plants (cm) after the application of the solution was the A3B2 that corresponds to 200-100-200 ppm NPK and the frequency of application 3 times per week; for the diameter (mm) was the A3B2 which corresponds to 200-100-200 ppm NPK and the frequency of application 3 times per week: for the number of leaves was the A3B2 which corresponds to 200 - 100 - 200 ppm NPK and the frequency of application 3 times per week, therefore, the best treatment is T6 for all the evaluated variables.

Keywords: NUTRITIVE SOLUTION - FREQUENCY OF APPLICATION - GROWTH OF PLANTS



IX. BIBLIOGRAFIA

1. Alcántar, G., & Téllez, I. (2007). *Nutrición de cultivos*. Colegio de Postgraduados México: Mundi- Prensa p. 438
2. Brandbyge, J., & Holm-Nielsen, B. (1987). *Reforestación de Andes ecuatorianos con especies nativas*. Quito: CESA – Porvenir.
3. Castro, A. (2015). *Caracterización de un bosque de queñual (polylepis spp.) ubicado en el distrito de Huasta, provincia de Bolognesi (ancash, Perú)*. Recuperado el 22 de julio del 2017. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v14n1/a01v14n1.pdf>.
4. Castro, S. (1995). *Fertilización en viveros forestales*, publicación especial No. 3. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Perú.
5. Chicote, J., & Ocaña, O., Jonjap, R., & Barahona, E. (1985). *Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la sierra peruana*. Centauro. Proyecto Perú: FAO/HOLANDA/INFOR.
6. Cuello, S., & Mesa, R. (2016) *Cálculo de solución nutritiva con suelo y sin suelo*. Recuperado el 26 de junio del 2017. Disponible en: http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otro_622_soluciones_nutritivas.pdf.
7. Ramos, F. (2012). *Nutrición vegetal*. Recuperado el 26 de junio del 2017. Disponible en: <http://www.fernandoramos.net/nutricion/manual.pdf>
8. Favela, E., & Preciado, P. (2006). *Manual para la preparación de soluciones nutritivas*. Recuperado el 21 de abril del 2017 disponible en https://www.researchgate.net/profile/Adalberto_Benavides

9. Fuentes, J. (2002). *Manual práctico sobre utilización de suelos y fertilizantes*. México: Mundi-Prensa.
10. Guerrero, A. (1996) *El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos*, México: Mundi-Prensa.
11. Gusman, M. (2004). *Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento*. México. pp. 87 – 97
12. Hensen, I, (2017). *Eestudio ecológico y fenológico sobre polylepis besseri hieron en la cordillera oriental boliviana* . Recuperado el 23 de agosto del 2017. Disponible en; <http://ecologiaenbolivia.com/documents/Hensen23.pdf>
13. Hernández, A. (2002). *Efecto de la fertilización nitrogenada y fosforada en el desarrollo y fenología de los brotes de setos de Pinus radita*. Valdivia - Chile.
14. Hidalgo, J. (2016). *Evaluación de soluciones nutritivas y frecuencias de aplicación en el crecimiento de plántulas de Oreopanax ecuadorensis Seem (Pumamaqui)*. Recuperado el 27 de marzo del 2017. Disponible en. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4883>
15. Hernández, A., & Rubilar. R. (2012). *Efecto de la fertilización nitrogenada y fosforada en el desarrollo y fenología de brotes de setos de Pinus radiata*. recuperado el 23 de octubre el 2017 disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002012000100006
16. Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura (2006). *soluciones nutritivas para el cultivo de tomate*. Recuperado el 24 de marzo del 2017. Disonible en <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/soluciones-nutritivas-para-el-cultivo-de-tomate>
17. Kessler, M. (2006) *Bosques de polylepis*. Recuperado el 12 de mayo del 2017. Disponible en: <http://beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2007.pdf>

18. Llanos, E, & Walcos, A. (2001). *La solución nutritiva, nutrientes comerciales, formulas completas*. Recuperado el 23 de abril del 2017. Disponible en.
<http://www.drcalderonlabs.com/Hidroponicos/Soluciones1.html>
19. Lojan, L. (1992.) *Árboles y arbustos nativos para el desarrollo forestal alto andino*. Quito Ecuador: Luz de América
20. Landis, T. (1987). *Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor*. Recuperado el 22 de julio del 2017. Disponible en
<https://rngr.net/publications/ctnm/espanol/volumen-cuatro/PDF.2003-10-02.../file>
21. Melgar, R, (2012). *Fertilizantes, enmiendas y productos nutricionales*. Recuperado el 12 de mayo del 2017. Disponible en
<http://www.fertilizando.com/articulos/fertilizantes%20y%20soluciones%20concentradas.asp>
22. Mendoza, B, (2006). *Manual para la preparación de soluciones nutritivas*. Recuperado el 18 de marzo del 2017 disponible en
https://www.researchgate.net/profile/Mendoza/publication/305280176_
23. Monsalve, J., & Escobar, R. (2009). *Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de Eucalyptus globulus producidas a raíz cubierta*. Consultado el 10 de noviembre del 2017. Disponible en. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002009000200004
24. Navarro, G. (2015). *Contribución a la clasificación ecológica y florística de los bosques de Bolivia*. Recuperado el 12 de febrero del 2017. Disponible en;
<http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/256.pdf>

25. Navarro, S. (2014) *Fertilizantes química y acción*. Recuperado el 10 de enero del 2017. Disponible en: <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484766780/fertilizantes--quimica-y-accion>
26. Nélio, C. (2006). *Soluções nutritivas: formulação e aplicações*. En *Nutrição mineral de plantas*. Editor Manlio Silvestre Fernandes. Voçosa, M. G.: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 432
27. Padilla, S. (1995). *Manejo agroforestal andino. Proyecto AO/Holanda "Desarrollo Forestal Participativo en los Andes*. Editorial ISBN. Quito – Ecuador
28. Cardoso, P. (2011). *Fertilización con n, p, k, al componente arbóreo del sistema agroforestal en tres localidades de la parroquia Juan de Velasco, cantón Colta, provincia de Chimborazo*. Recuperado el 23 de diciembre del 2017. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3594/1/33T0129%20CARDOSO%20PABLO.pdf>
29. Rocero, J. (2014). *Evaluación de dos fertilizantes de lenta liberación en la propagación asexual del yagual (*Polylepis racemosa*)*. Recuperado el 25 de julio del 2017. Disponible en; <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6993/1/Tesis->
30. Rodríguez, M. (2015) *Nociones básicas de fertirriego*. Recuperado el 23 de julio del 2017. Disponible en; <http://repositorio.ual.es:8080/bitstream/handle/10835/3133/F13.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
31. Sánchez, J. (2010). *Fertilizantes*. Mexico: Trillas. p. 19
32. Zevallos, P. (2010). *Información preliminar de la ecología, dendrología y distribución geográfica de las especies del género polylepis en el Perú*. Recuperado el 23 de agosto del 2017. Disponible en: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espaciodesarrollo/article/viewFile/7882/8161>

X. NEXOS

Anexo 1 Distribución de las unidades experimentales

| | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| R1 | R2 | R3 | R4 |
| A1B1 | TESTIGO | A1B2 | A2B2 |
| A3B2 | A2B1 | TESTIGO | A2B1 |
| A2B2 | A1B1 | A2B2 | A3B1 |
| A1B2 | A3B2 | A1B1 | A1B2 |
| TESTIGO | A1B2 | A2B1 | A3B2 |
| A3B1 | A2B2 | A3B1 | TESTIGO |
| A2B1 | A3B1 | A3B2 | A1B1 |

Anexo 2 Adquisición de las plantas en el vivero forestal totorillas



Anexo 3. Establecimiento de la unidad experimental



Anexo 4 preparaciones del sustrato



Anexo 5 preparación de la solución



Anexo 6. Aplicación de la solución



Anexo 7. Manejo de las plantas



Anexo .8. determinación de la cantidad de agua requerida



Anexo 9. ubicación de bloques experimentales y etiquetado



Anexo 10. Toma de medias de las variables



Anexo 11. análisis químico del sustrato



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
LABORATORIO DE SUELOS



Nombre del propietario: Holguer Guaraca
 Remitente:

Fecha de ingreso 4/05/2017
 Fecha de salida 15/05/2017

Ubicación TIOCAJAS PALACIO GUAMOTE GUAMOTE CHIMBORAZO
 Nombre de la granja Parroquia Cantón Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN ANALISIS QUIMICO DEL SUSTRATO

| Identificación | pH | M.O | % | | |
|--|-----|-------|------|------|------|
| | | | N | P | K |
| SUSTRATO tierra negra + cascarrilla de arroz + abono orgánico + tierra del sitio | 7 N | 6,5 M | 0,22 | 0,59 | 0,18 |

| CODIGO | |
|---------------------|----------|
| N: NEUTRO | A: ALTO |
| S: SUFICIENTE | M: MEDIO |
| L. Ac. . Lig. Acido | B: BAJO |

José Arcos Y.
 Ing. José Arcos Y.
 JEFE LAB. DE SUELOS



Elizabeth Pachacama
 Ing. Elizabeth Pachacama
 TECNICO DE LABORATORIO

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km11/2 facultad de recursos naturales Teléfono 2998220 Extensión 418

Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza

Anexo 12. Datos de Altura de las plantas

| Tratamiento | Alt 30 días | Alt 60 días | Alt 90 días | Alt 120 días |
|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 1 | 10,5 | 12,22 | 13,9 | 15,6 |
| 2 | 10,74 | 12,66 | 14,5 | 16,4 |
| 3 | 10,5 | 13,02 | 14,9 | 17,2 |
| 4 | 10,56 | 12,6 | 15,4 | 19 |
| 5 | 10,56 | 13,84 | 17,5 | 22 |
| 6 | 11,16 | 15,54 | 21,8 | 28,82 |
| TESTIGO | 10,76 | 12,32 | 13,96 | 15,62 |
| 1 | 11,2 | 12,8 | 15,8 | 18 |
| 2 | 10,98 | 13,42 | 17,52 | 21,32 |
| 3 | 9,4 | 13,24 | 16,66 | 21,52 |
| 4 | 11,76 | 15,36 | 19,5 | 24,44 |
| 5 | 10,46 | 14,38 | 18,88 | 24,92 |
| 6 | 10,44 | 14,48 | 21,26 | 28,5 |
| TESTIGO | 10,68 | 12,4 | 15,2 | 16,8 |
| 1 | 11,2 | 13,4 | 15,6 | 18,6 |
| 2 | 11,62 | 14,5 | 18,18 | 22,06 |
| 3 | 11,52 | 14,74 | 18,4 | 22,34 |
| 4 | 11,18 | 14,74 | 18,6 | 23,78 |
| 5 | 11,24 | 15 | 19,3 | 25,68 |
| 6 | 10,94 | 15,06 | 20,38 | 27,1 |
| TESTIGO | 10,42 | 12,22 | 15,8 | 19,6 |
| 1 | 11,32 | 13,28 | 15,48 | 17,54 |
| 2 | 11,28 | 14,06 | 17,24 | 19,9 |
| 3 | 11,6 | 14,7 | 18,22 | 21,6 |
| 4 | 12,04 | 15,74 | 19,72 | 24,64 |
| 5 | 10,96 | 14,94 | 19,54 | 25,42 |
| 6 | 11,52 | 15,72 | 21,12 | 28,22 |
| TESTIGO | 10,1 | 12,2 | 14,86 | 16,9 |

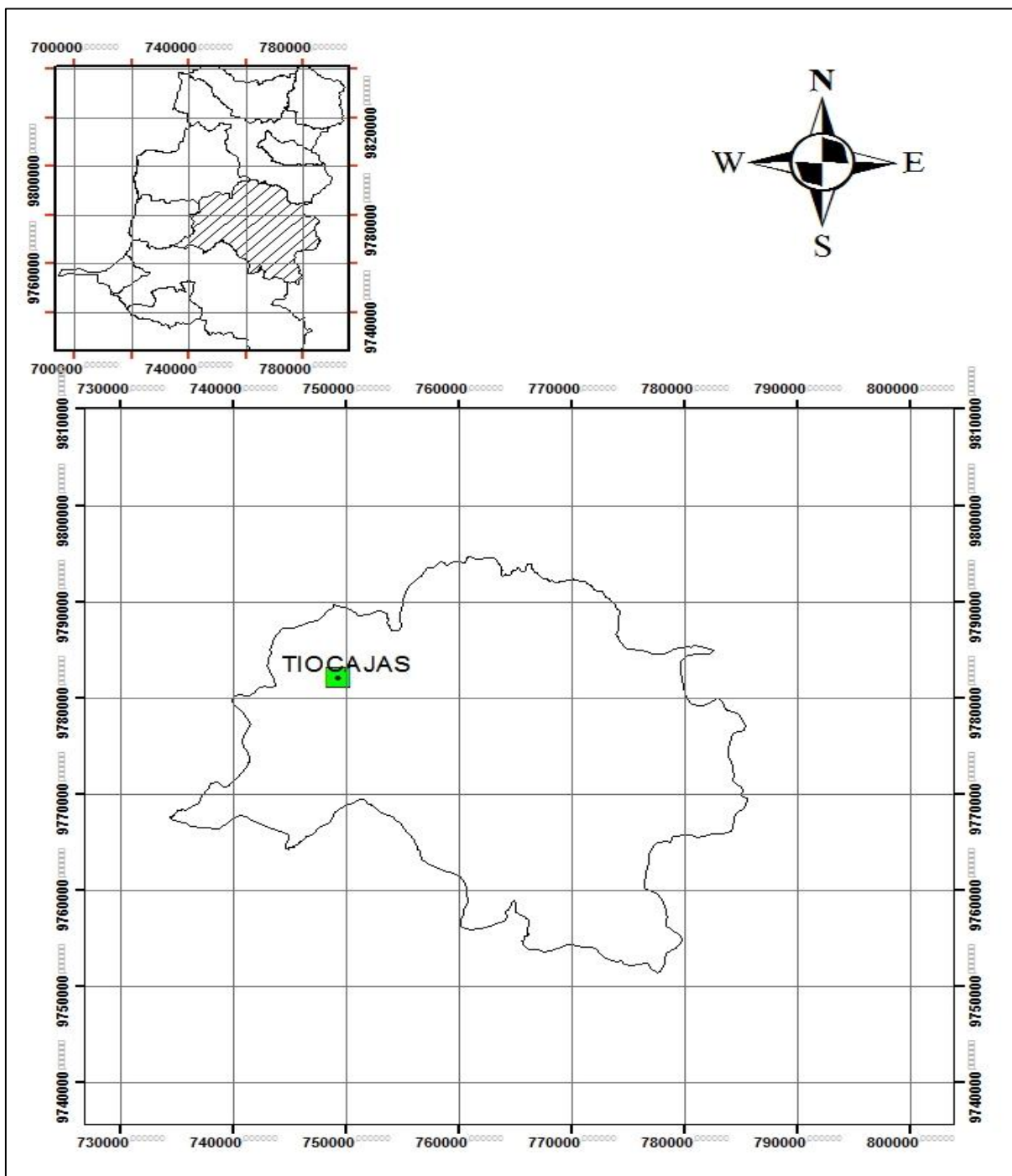
Anexo 13 datos del Diámetro mm de los tallos

| Tratamiento | D 30 días | D 60 días | D 90 días | D 120 días |
|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 6,2 | 7,2 | 8,2 | 9,2 |
| 2 | 6,2 | 7 | 8,2 | 9,4 |
| 3 | 6,4 | 7,2 | 8,4 | 9,6 |
| 4 | 6,2 | 7 | 8,8 | 10,2 |
| 5 | 6,6 | 7,6 | 9,2 | 11 |
| 6 | 7,2 | 8 | 10 | 12 |
| 7 | 5,4 | 5,8 | 6,6 | 7,6 |
| 1 | 6,4 | 7,6 | 9,2 | 10,2 |
| 2 | 6,4 | 7,8 | 9,4 | 10,4 |
| 3 | 6,2 | 7,6 | 9,2 | 10,6 |
| 4 | 6 | 7,6 | 10 | 11,6 |
| 5 | 6,6 | 8 | 10,2 | 11,8 |
| 6 | 6,2 | 8,6 | 10,6 | 12,4 |
| 7 | 5,8 | 7 | 7,8 | 9 |
| 1 | 6,2 | 7,4 | 8,6 | 10 |
| 2 | 6,6 | 7,4 | 8,6 | 10,2 |
| 3 | 6 | 7 | 8 | 10,4 |
| 4 | 6,8 | 7,8 | 8,8 | 10,6 |
| 5 | 7 | 7,8 | 9,2 | 11,4 |
| 6 | 6,4 | 8,2 | 10 | 11,6 |
| 7 | 5,8 | 6,8 | 7,4 | 8,2 |
| 1 | 6,6 | 7,6 | 8,4 | 9,4 |
| 2 | 6,2 | 6,8 | 7,8 | 9 |
| 3 | 6 | 6,8 | 8 | 9,2 |
| 4 | 6,4 | 7,6 | 8,6 | 9,8 |
| 5 | 7 | 8,4 | 9,4 | 10,8 |
| 6 | 5,8 | 7 | 9 | 11,4 |
| 7 | 6,2 | 6,6 | 7,4 | 8,4 |

Anexo 14. Datos del número de hojas Número de hojas

| Tratamiento | NH 30 | NH 60 | NH 90 | NH 120 |
|-------------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | 3,4 | 6,8 | 12,4 | 20,4 |
| 2 | 4,4 | 9,2 | 15 | 22,6 |
| 3 | 4,6 | 9 | 15,4 | 23,8 |
| 4 | 4,2 | 9,6 | 15,6 | 24,6 |
| 5 | 5,2 | 9,6 | 16,4 | 26,6 |
| 6 | 5,4 | 10,8 | 17,8 | 30,2 |
| 7 | 3,2 | 5,8 | 11 | 15,8 |
| 1 | 5 | 8 | 14,4 | 19,2 |
| 2 | 5,2 | 8,2 | 14,6 | 20,4 |
| 3 | 5,2 | 8,6 | 14,2 | 22,6 |
| 4 | 5,4 | 9,2 | 16,2 | 24 |
| 5 | 5 | 9 | 17,4 | 29 |
| 6 | 5,6 | 10,8 | 19 | 31 |
| 7 | 4,2 | 7,2 | 13,8 | 18 |
| 1 | 4,6 | 8,4 | 15 | 19,4 |
| 2 | 4,2 | 7,4 | 13,6 | 21,8 |
| 3 | 6 | 9,8 | 16,8 | 24 |
| 4 | 6 | 9,8 | 16,6 | 24,4 |
| 5 | 4 | 8,8 | 16,6 | 26,6 |
| 6 | 5,4 | 9,2 | 17 | 27,2 |
| 7 | 4 | 6,8 | 12,6 | 16,4 |
| 1 | 3,8 | 7,4 | 11,6 | 17,6 |
| 2 | 4,4 | 7,8 | 13,2 | 22,4 |
| 3 | 4 | 7,8 | 13,6 | 23,2 |
| 4 | 3,8 | 8,4 | 14,6 | 23,8 |
| 5 | 5,2 | 11,2 | 16,6 | 25,6 |
| 6 | 5,2 | 10,8 | 17,2 | 27,4 |
| 7 | 3,2 | 6,2 | 10,4 | 15,2 |

Anexo 15 Ubicación de la investigación en el mapa de Guamote



Anexo 16. Niveles de salinidad en las soluciones

| TDS ppm o mg/L | CE dS/m | Riesgo de Salinidad |
|----------------|-----------|---------------------|
| <500 | <0.8 | Bajo |
| 500 - 1000 | 0.8 - 1.6 | Medio |
| 1000 - 2000 | 1.6 - 3 | Alto |
| > 2000 | > 3 | Muy Alto |

Fuente: Smart, 2017.

Anexo 17. Niveles de alcalinidad y pH

| Rango | Alcalinidad (mg/l CaCO ₃) | Rango | pH |
|-------|---------------------------------------|----------|----|
| Baja | < 75 | Acido | <6 |
| Media | 75 - 150 | Neutro | 7 |
| Alta | > 150 | Alcalino | >8 |

Fuente: Smart, 2017

Anexo 18. Niveles óptimos de pH para especies forestales

| Niveles óptimos de pH para cultivos forestales | |
|--|---------------|
| Especies forestales | Niveles de pH |
| Coníferas | 5.5 - 6.5 |
| Latifoliadas | 6.5 - 7.5 |

Fuente: Landis (1987)