



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE INDUCTOR DE ENRAIZAMIENTO EN LA
Tithonia diversifolia UTILIZADA EN ALIMENTACIÓN COMO FUENTE
PROTEÍCA**

EVALUATION OF THE EFFECT OF ROOTING INDUCER IN *Tithonia diversifolia*
USED IN FOOD AS A PROTEIN SOURCE

Edgar Alexis Polo Ledezma

Universidad de Panamá, Departamento de Zootecnia. Panamá
epolo61@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-1246-2355>

Sebastián Urieta

Universidad de Panamá, Departamento de Zootecnia. Panamá
suv208@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0001-8949-5414>

Recepción: 20 de febrero de 2024

Aprobación: 1 de abril de 2024

DOI <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v4n2.5039>

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es coadyuvar a mejorar las técnicas tradicionales para la propagación y producción de vástagos de *Tithonia diversifolia* mediante el uso de fitohormonas. Para la variable número de raíces de primer orden hubo diferencias significativas entre los distintos niveles de sustratos evaluados con el tratamiento testigo, destacándose el de RADIX 35% TB, a dosis de 1000 ppm de I.A, con un promedio de 133.72 raíces por estacas. El enraizante que produjo el mayor promedio de raíces de segundo orden fue con la concentración de 1000 ppm de I.A. con 726.17 raíces en promedio. En las estacas sin ninguna aplicación de enraizador (Testigo) se evidencio una reducida formación de raíces de segundo orden con promedios muy bajos a los 45 días de siembra con promedios de 59.83 raíces. El tratamiento con concentraciones de 750 y 1000 ppm de I.A., presentaron los mayores valores en cuanto a formación de raíces de tercer orden en promedio con 118.83 y 106.17 respectivamente. Se observó un número de prendimiento de yemas mayor en las

concentraciones 1000 ppm de I.A. con 4.17 yemas en promedio por estacas. El estudio permitió llegar a las siguientes conclusiones: La utilización del inductor de enraizamiento mejora la formación inicial del sistema radicular en la planta de *Tithonia*, La aplicación del enraizador a concentraciones de 750 y 1000 ppm de I.A. mejora el proceso de enraizamiento de la *Tithonia*., Las concentraciones de enraizante a 750 ppm y 1000 ppm de I.A. influyo en el prendimiento de las yemas en la *Tithonia* y las concentraciones del enraizador a 1500 ppm de I.A. le causo una quemazón en las estacas reduciendo considerablemente el crecimiento del sistema radicular.

Palabras clave: inductor de enraizamiento, *Tithonia diversifolia*, Radix 35% TB, fuente proteica.

ABSTRACT

The objective of this research is to help improve traditional techniques for the propagation and production of *Tithonia diversifolia* shoots through the use of phytohormones. For the variable number of first-order roots, there were significant differences between the different levels of substrates evaluated with the control treatment, highlighting that of RADIX 35% TB, at a dose of 1000 ppm of AI, with an average of 133.72 roots per cuttings. The rooting agent that produced the highest average of second-order roots was with the concentration of 1000 ppm of I.A. with 726.17 roots on average. In the cuttings without any rooting application (Control), a reduced formation of second-order roots was evident with very low averages after 45 days of sowing with averages of 59.83 roots. The treatment with concentrations of 750 and 1000 ppm of AI, presented the highest values in terms of third order root formation on average with 118.83 and 106.17 respectively. A higher number of bud setting was observed at 1000 ppm concentrations of A.I. with 4.17 buds on average per cuttings. The study allowed us to reach the following conclusions: The use of the rooting inducer improves the initial formation of the root system in the *Tithonia* plant. The application of the rooting agent at concentrations of 750 and 1000 ppm of I.A. improves the rooting process of *Tithonia*. The rooting concentrations at 750 ppm and 1000 ppm of I.A. influenced the bud setting in *Tithonia* and the concentrations of the rooting agent at 1500

ppm of A.I. It caused burning in the cuttings, considerably reducing the growth of the root system.

Keywords: rooting inducer, *Tithonia diversifolia*, Radix 35% TB, protein source.

INTRODUCCIÓN

Las explotaciones ganaderas actualmente se caracterizan por la búsqueda de la eficiencia en la producción, sin sacrificar la calidad. A pesar de que en muchas especies vegetales se presentan naturalmente mecanismos de reproducción vegetativa, es posible que mediante intervención humana se hagan más eficientes y se generen nuevos tipos de multiplicación.

El éxito de la propagación vegetativa depende de muchos factores como, por ejemplo, el tipo de especie que se quiere reproducir, el método de reproducción vegetativa que se emplee, las características fisiológicas del material a multiplicar, el genotipo empleado y la metodología de manejo utilizada durante el proceso de propagación (Rodríguez & Vieto, 2002). La reproducción por medio de estacas permite una rápida obtención de material para siempre de un genotipo uniforme y es muy útil para la reproducción de aquellas especies que son difíciles de propagar por semilla. En la práctica del estacado pueden utilizarse sustancias para estimular el proceso de enraizamiento, favoreciendo la formación de raíces adventicias. Las auxinas son hormonas vegetales que determinan el crecimiento y favorecen la maduración de los frutos pero que tienen como función principal la inducción de la iniciación, desarrollo y regeneración de las raíces adventicias, estimulando la elongación o alargamiento de ciertas células e inhibiendo el crecimiento de otras en función de la cantidad de auxinas en el tejido vegetal y su distribución. Es así como hoy los denominados reguladores de crecimiento vegetal, se utilizan en la inducción exógena o artificial de las raíces, que se practica agrícola y comercialmente para incrementar la biomasa radical de las plantas, en un menor periodo de tiempo (González y col., 2008).

El ácido indol-3-butírico promueve el crecimiento y desarrollo de cultivos alimenticios y ornamentales cuando se aplica al suelo, esquejes, u hojas. El ácido indol-3-butírico es una sustancia cercanamente relacionada en estructura a un regulador de crecimiento natural encontrado en las plantas. El ácido indol-3-butírico es utilizado en muchos cultivos

ornamentales para promover el crecimiento y desarrollo de las raíces, flores y frutos, y para incrementar los rendimientos de las cosechas (González y col., 2008).

El nacedero (*Trichantera gigantea*) es un árbol no leguminoso originario del norte de Sudamérica, y forma parte de la familia *Acanthaceae*. A pesar de no ser de la familia leguminosa, tiene también la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con bacterias del género *Frankia* y Actinomicetos (Dommergues 1982 citado por Botero 1988). La producción de semillas parece estar limitada por la baja polinización. Algunos estudios sugieren que las flores no se autofecundan. En muy pocas localidades colombianas se observa la formación de semillas viables del nacedero, y, en las raras ocasiones en que esto ocurre, la germinación de las semillas es inferior al 2 %. Esta baja frecuencia de la reproducción sexual del nacedero se compensa con una gran capacidad de regeneración vegetativa. Cuando un tallo maduro entra en contacto con el suelo, puede producir una planta nueva con facilidad. Por esta razón, el nacedero se propaga principalmente a partir de estacas grandes y pequeñas, postes y esquejes (CIPAV, 2015).

Las especies vegetales arbustivas Morera (*Morus alba*), Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) y el árbol de uso múltiple Nacedero (*Trichantera gigantea*), presenta lentitud en su desarrollo inicial (formación de sistema radicular), al establecerse los tallos directamente a campo. A causa de este lento desarrollo inicial de las plantas se presentará una evidente competencia por nutrientes y luminosidad con malezas del medio que posteriormente reducirán el potencial de rendimiento de esas especies vegetales.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación es coadyuvar a mejorar las técnicas tradicionales para la propagación y producción de vástagos de *Tithonia diversifolia* mediante el uso de fitohormonas, las cuales promueven el crecimiento radicular, logrando en forma más rápida plantas vigorosas en un menor periodo de tiempo sobre todo en la fase de establecimiento.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó en época lluviosa en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá bajo condiciones de invernadero. Las parcelas experimentales fueron constituidas por macetas plásticas con capacidad de 2 Kg. de suelo. Se utilizó el producto **RADIX 35% TB** como estimulador de la formación de raíces en el

arbusto *Tithonia diversifolia*. Como material vegetativo se utilizaron estacas de ramas con crecimiento de un año, con aproximadamente 50-60 centímetros de largo, tomadas de la parte más leñosa y la parte media de la planta. Para la evaluación de la eficiencia del producto **RADIX 35% TB**, como estimulador de la formación de raíces en plantas de *Tithonia* se utilizaron cuatro tratamientos para este ensayo a saber:

Tabla 1.

Tratamientos inductores de enraizamiento radix 35 %

Tratamiento	Descripción de los Tratamientos
T-1	Testigo Absoluto (sin enraizador)
T-2	Tratamiento con RADIX 35% TB. A la dosis de 750 ppm de I.A (1 tableta en 4 litros de agua)
T-3	Tratamiento con RADIX 35% TB. A la dosis de 1000 ppm de I.A (1 tableta en 3 litros de agua)
T-4	Tratamiento con RADIX 35% TB. A la dosis de 1500 ppm de I.A (1 tableta en 2 litros de agua)

Los tratamientos con el enraizador **RADIX 35% TB**, se aplicaron por inmersión en el extremo basal de las estacas antes de la siembra. Como variables de respuesta medimos: número de raíces de primer orden, número de raíces de segundo orden, número de raíces de tercer orden y el número de yemas prendidas a los 45 días después de la siembra. Empleamos un diseño experimental de bloques completos al azar y cuatro repeticiones. El análisis de los datos se realizó mediante el procedimiento SPSS del paquete Statistical Package for the Social Sciences, y se empleó la comparación múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza para las evaluaciones de las variables número de raíces de primer orden, número de raíces de segundo orden, número de raíces de tercer orden y número de yemas prendidas (brotes) a los 45 días se muestra en la tabla 2, y son las siguientes:

Tabla 2.

Análisis de varianza para las variables número de raíces de primer orden, número de raíces de segundo orden, número de raíces de tercer orden y número de yemas prendidas (brotes) por efecto del enraizador RADIX/AIB 35% TB.

Variables	Fc.	Prob.	CV (%)
Número de raíces de primer orden	13.817	0.001 *	9.67
Número de raíces de segundo orden	146.663	0.006 *	10.96
Número de raíces de tercer orden	8.265	0.008 *	15.64
Número de yemas prendidas	10.090	0.003 *	12.55

Nota. * = **diferencias significativas 5%.**

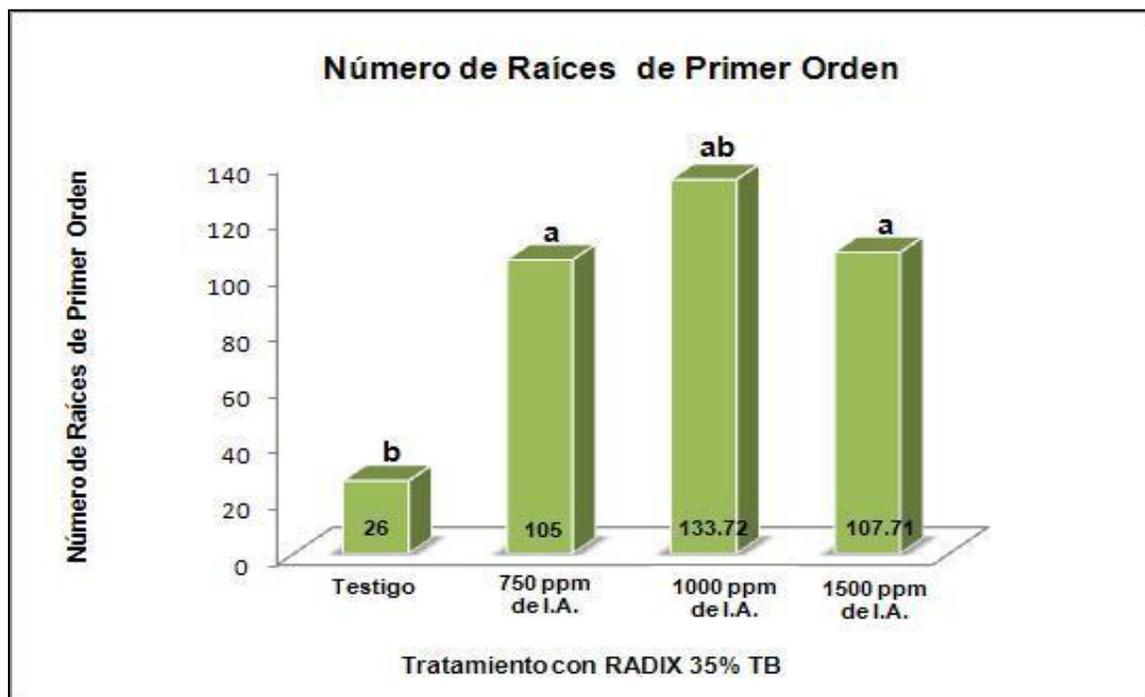
Número de raíces de primer orden

La raíz primaria es componente básico del sistema radicular. Influye enormemente en la forma del sistema radical y es la responsable de la extensión de éste. Las raíces primarias crecen en longitud debido a la actividad del meristemo apical, el cual está protegido por la cofia o caliptra (Atlas de Histología Vegetal y Animal, 2024).

Para la variable número de raíces de primer orden el análisis de varianza (Cuadro 1), indicó que hubo diferencias significativas entre los diferentes niveles de sustratos evaluados con el tratamiento testigo, destacándose el RADIX 35% TB, a dosis de 1000 ppm de I.A, con un promedio de 133.72 raíces por estacas. A medida que se incrementó la concentración del regulador de crecimiento así mismo aumento el porcentaje de enraizamiento. La que menor porcentaje de raíces de primer orden presento fue con el sustrato de 1500 ppm de I.A. de RADIX 35% TB con 107.71 raíces por estacas (Figura 1). Auxinas endógenas o aplicadas artificialmente, son un requerimiento para la iniciación de raíces adventicias en tallo, y en efecto se ha demostrado que la división de las primeras células iniciadoras de la raíz depende de la auxina (Hartmann y col., 1985).

Figura 1.

Raíces de primer orden enraizadas por efecto de la aplicación de RADIX 35% TB, en Tithonia diversifolia.



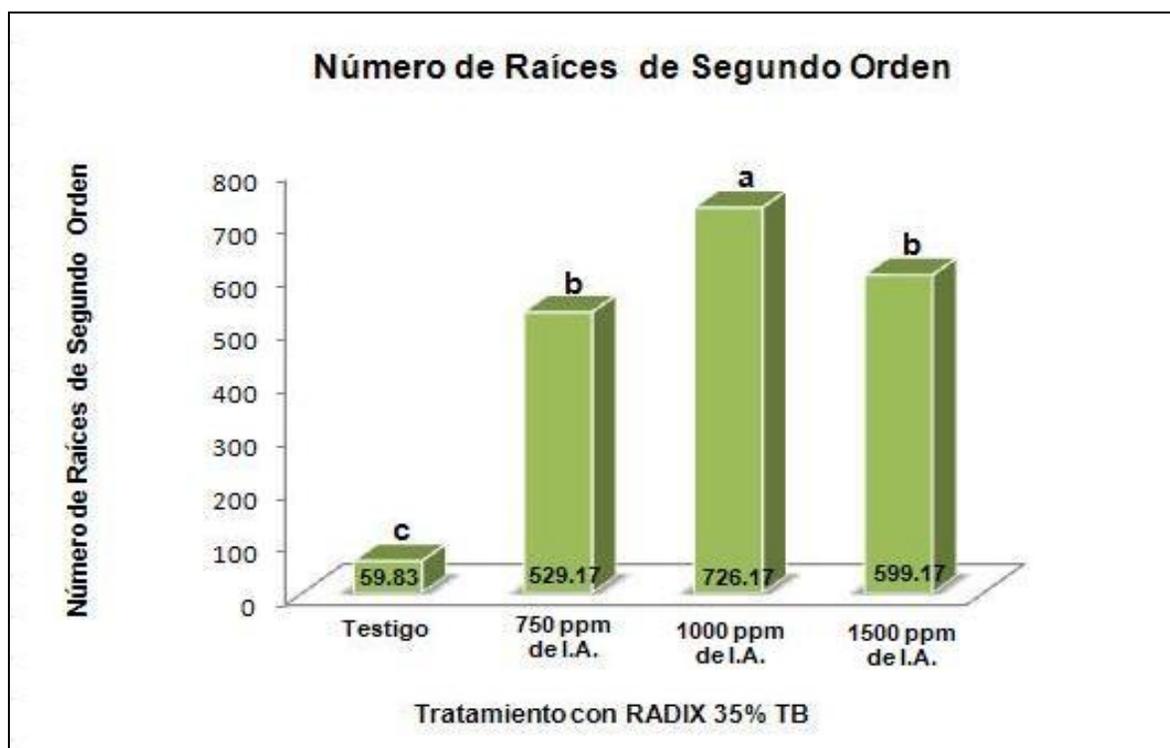
Nota. * Medias con la misma letra no difieren al 5%

Número de raíces de segundo orden

Las raíces secundarias se originan del cuello de la planta o de la raíz principal, su función es de absorción de agua y nutrientes (Infojardín, 2023). En el Cuadro 2 se muestra que hubo diferencia significativa (nivel del 5%) entre las concentraciones enraizantes estudiadas para el número de raíces de segundo orden en la *Tithonia diversifolia*. El enraizante que produjo el mayor promedio de raíces de segundo orden fue con el RADIX 35% TB y la concentración de 1000 ppm de I.A. con 726.17 en promedio (Figura 2). En las estacas sin ninguna aplicación de enraizador (Testigo) se evidencio una reducida formación de raíces de segundo orden con promedios muy bajos a los 45 días de sembrada con promedios de 59.83.

Figura 2.

Raíces de segundo orden enraizadas por efecto de la aplicación de RADIX 35% TB, en Tithonia diversifolia.



* Medias con la misma letra no difieren al 5%

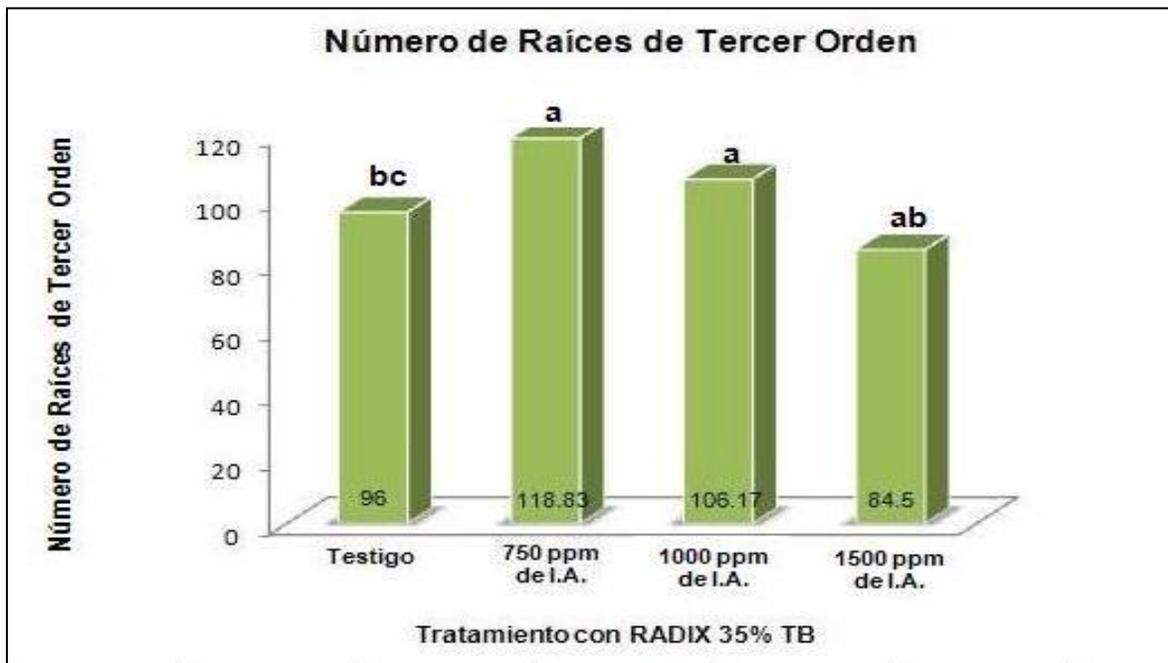
Número de raíces de tercer orden

Las raíces de tercer orden o adventicias son generalmente varias y se originan de lugares diferentes a la radícula (Troiani, H. y col. 2017)

El análisis de varianza nos indico que para la variable número de raíces de tercer orden hubo diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) (Cuadro 2) entre los sustratos evaluados siendo el tratamiento con RADIX 35% TB y con concentraciones de 750 y 1000 ppm de I.A. los que mayores valores en cuanto a formación de raíces de tercer orden en promedio presentaron con 118.83 y 106.17 respectivamente (Figura 3). Cabe señalar que la cantidad de raíces de tercer orden en todos los tratamientos enraizadores estudiados fueron muy bajas con respecto a las raíces de primer y segundo orden.

Figura 3.

Raíces de tercer orden enraizadas por efecto de la aplicación de RADIX 35% TB, en Tithonia diversifolia.



Nota. *Medias con la misma letra no difieren al 5%

Número de yemas prendidas

Las yemas son unas formaciones semejantes a botones que se producen en las plantas, a partir de las cuales se desarrollan los tallos, las hojas o las flores (Masats, J. (2023).

En relación al número de yemas prendidas el análisis de varianza nos indicó que hubo diferencias significativas (Cuadro 2) para el número de yemas prendidas con los tratamientos RADIX 35% TB que se estudiaron observándose un número de prendimiento de yemas mayor en las concentraciones 1000 ppm de I.A. con 4.17 yemas en promedio por estacas. Concentraciones de 750 y 1500 ppm de I.A. no difirieron en el prendimiento de yemas lo cual evidencia que no afectaron en la velocidad de crecimiento de la planta.

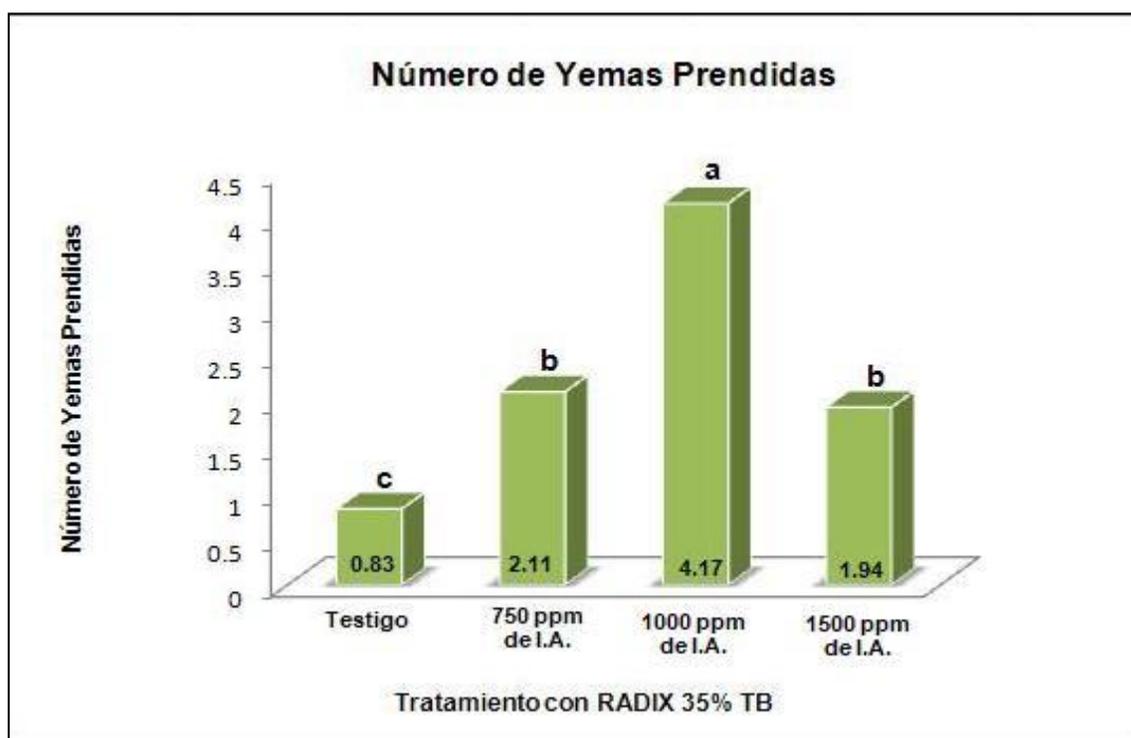
El prendimiento positivo de la cantidad de yemas pudo estar dado por la utilización de los enraizadores que se utilizan en un momento dado aunado a las condiciones favorables del ambiente y del origen del material del que provino las estacas (semillas), el cual fue la parte media de ramas de 120 días de edad, las que presentan yemas maduras, con elevadas concentraciones de carbohidratos de reserva lo cual permite un rápido establecimiento ,

características muy importantes que deben considerarse al momento de seleccionar el material según Cifuentes y Kee-Wook (1998).

Con respecto a posible fototoxicidad del enraizador RADIX 35% TB, en ninguna de las concentraciones estudiadas se presentaron apariciones del mismo (follaje clorótico aparente o crecimiento con malformaciones e inhibiciones de la formación de raíces)

Figura 4.

Número de yemas enraizadas por efecto de la aplicación de RADIX 35% TB, en *Tithonia diversifolia*.



Nota. *Medias con la misma letra no difieren al 5%

CONCLUSIONES

La utilización del inductor de enraizamiento RADIX 35 % TB mejora la formación inicial de el sistema radicular en la planta de *Tithonia diversifolia*.

La aplicación del enraizador RADIX 35% TB a concentraciones de 750 y 1000 ppm de I.A. mejora el proceso de enraizamiento de la *Tithonia diversifolia*.

Las concentraciones de enraizante a 750 ppm y 1000 ppm de I.A. influyo en el prendimiento de las yemas en la *Tithonia diversifolia*.

Las concentraciones del enraizador RADIX 35% TB a 1500 ppm de I.A. le causo una quemazón en las estacas sembradas reduciendo considerablemente el crecimiento del sistema radicular a su vez el rompimiento de las yemas.

RECOMENDACIONES

En las condiciones experimentales descritas, para garantizar un buen desarrollo y rápido crecimiento de la *Tithonia diversifolia* utilizar estacas maduras con más de 120 días de edad y concentraciones de inductores de enraizamiento entre 750 a 1000 ppm de I.A. de RADIX 35% TB.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atlas de Histología Vegetal y Animal. (2024). Depto. de Biología Funcional y Ciencias de la Salud, Facultad de Biología, Universidad de Vigo, España.
https://mmegias.webs.uvigo.es/2-organos-v/guiada_o_v_rprimario.php

Botero, R. (1988). Los Árboles Forrajeros como Fuente de Proteína para la Producción Animal en el Trópico. Memorias de Seminario Taller Sistemas Intensivos para la Producción Animal y de Energía Renovable con Recursos Tropicales. CIPAV, Cali, Colombia.

Cifuentes, C.; Kee-Wook, S. (1998). Manual Técnico de Sericultura: Cultivo de la Morera y Cría del Gusano de Seda en el Trópico. Convenio Servicio Nacional de Aprendizaje -Centro de Desarrollo Tecnológico Sustentables. Colombia. 438 pp.

CIPAV. (2015) (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria). Contexto Ganadero. Carta Fedegán No 117.
<https://www.contextoganadero.com/reportaje/el-nacedero-la-planta-forrajera-protectora-del-agua>

González, M. & González, D. (2008). Evaluación del efecto de Radix 35% TB, en el cultivo de leguminosas variedad () para incrementar, uniformizar y homogenizar el enraizamiento, y así dar el mantenimiento adecuado del sistema radicular de las plantas, en campo definitivo. Base Protocolo RADIX 35% TB en Leguminosas.

INFOJARDIN. (2023). Raiz Secundaria Definición.
<https://www.infojardin.com/glosario/pua/raiz-secundaria.htm>

- Hartmann, H.; D. Kester. (1985). Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. Quinta impresión. Compañía editorial Continental.
- Masats, J. (2023). Yemas de las plantas. Características de las yemas en la planta. Editorial Botanical - on line. <https://www.botanical-online.com/botanica/partes-plantas-yemas>
- Rodríguez, J.& V, Nieto. (2002). Aplicación de los métodos de estacas e injertos para la propagación vegetativa de *Cordia alliodora* ((Ruíz Pavón) Oken y *Tabebuia rosea* (Bertol.), DC. CONIF. Bogotá, Colombia. 61 pp.
- Troiani, H.; Prina, A.; Muiño, W.; Tamame, M. & Beinticinco, L. (2017). Botánica, morfología, taxonomía y fitogeografía. Primera edición, Universidad Nacional de La Pampa. Argentina. 326p.
<https://www.unlpam.edu.ar/images/extension/edunlpam/QuedateEnCasa/botanica-morfologia-taxonomia-y-fitogeografia.pdf>