

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



EFECTO DEL ÁCIDO HÚMICO EN LA PROPAGACIÓN DE *Smallanthus jelskii* (Hieron.) H. Rob. “SHITA BLANCA” POR ESTACAS, EN EL CASERÍO EL USNIO, LA ENCAÑADA - CAJAMARCA

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de
INGENIERO FORESTAL**

**Presentado por la Bachiller
SEGUNDA EMILIA ALVARADO REQUELME**

**ASESORES
ING. HONORIO NEHEMIÁS SANGAY MARTOS
ING. LUIS DÁVILA ESTELA**

CAJAMARCA – PERU

2017

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por darme la dicha de seguir viviendo, con salud, sabiduría, amor y fortaleza para poder alcanzar mis metas.

A Dámaso Alvarado Bolaños y María Paula Requelme Díaz, mis padres, por sus consejos y enseñanzas, que me han permitido ser una persona de bien; por haber confiado plenamente en lo que he emprendido y por su apoyo incondicional para lograr mi objetivo, “ser profesional”.

A todos mis hermanos, sobrinos y familia en general por su confianza, amor y por estar siempre presentes para seguir en los momentos más difíciles.

A todos y cada uno de mis amigos y amigas, que estuvieron acompañándome y apoyándome incondicionalmente en este proceso de mi formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud, fortaleza y sabiduría, por las grandes bendiciones de cada día.

A mis asesores: Ing. Luis Dávila Estela y el Ing. Nehemías Honorio Sangay Martos, por guiarme en el desarrollo de la investigación.

A todos los Docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal, que durante mis años de estudio me inculcaron buenas enseñanzas y consejos, para poder desenvolverme en el mundo profesional.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCION	1
1.1. Objetivos de la investigación	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN LITERARIA	2
2.1. Antecedentes de la investigación	2
2.2. Bases teóricas	4
2.2.1. Descripción general de <i>Smallanthus jelskii</i> “shita blanca”	4
2.2.1.1. Usos	4
2.2.2. Propagación asexual	5
2.2.3. Propagación por estacas	5
2.2.4. Importancia y ventajas de la propagación por estacas	6
2.2.5. Factores que afectan la formación de raíces en las estacas	6
2.2.5.1. Características del material de propagación, selección y estado	7
2.2.5.2. Tipos de estacas	7
2.2.5.3. Época del año en que se corta la estaca	7
2.2.5.4. Condición fisiológica de la planta madre	8
2.2.5.5. Factor de juvenilidad o cambio de fase (edad de la planta madre)	8
2.2.5.6. Presencia de virus	9
2.2.5.7. Aplicación de reguladores de crecimiento	9
2.2.5.8. Condiciones ambientales durante el enraizamiento	10
2.2.6. Sustancias húmicas	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación	14
3.2. Materiales	15
3.3. Descripción del material vegetativo	15

3.4. Metodología	16
3.4.1. Diseño experimental	16
3.4.2. Fase de campo	17
3.4.3. Fase de gabinete	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	21
4.1. Número de brotes	21
4.2. Número de hojas	23
4.3. Porcentaje de supervivencia	25
4.4. Número de raíces	27
4.5. Longitud de raíces	29
4.6. Porcentaje de enraizamiento	30
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
5.1. Conclusiones	33
5.2. Recomendaciones	34
LITERATURA CITADA	35
ANEXOS	38
ANEXO 01. Tablas de datos originales y datos transformados	38
ANEXO 02: Cálculo para las dosis de ácido húmico en partes por millón	43
ANEXO 03: Croquis de la parcela experimental	44
ANEXO 04: Panel fotográfico del trabajo realizado para el proyecto de investigación	45

RESUMEN

La presente investigación fue desarrollada en el caserío Usnio, situado a 3411 mmsnm, pertenece al distrito de La Encañada, provincia y departamento de Cajamarca. El trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de tres dosis de ácido húmico en la propagación por estacas de *Smallanthus jelskii* (shita blanca) provenientes del caserío Quinuamayo Bajo, distrito de La Encañada. Como tratamiento previo para estimular el crecimiento y enraizamiento se realizó la inmersión de las estacas por un tiempo de 25 minutos en el regulador de crecimiento (ácido húmico a dosis de 100, 200 y 300 ppm). Posteriormente estas fueron distribuidas en campo bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones, cada unidad experimental estuvo constituida por 36 estacas; se evaluó número de brotes, número de hojas, porcentaje de supervivencia, número de raíces, longitud de las raíces y porcentaje de enraizamiento. Los mejores resultados obtenidos a los cuatro meses y medio en campo fueron con los tratamientos T4 (300 ppm) y T3 (200 ppm) que alcanzaron un porcentaje de enraizamiento de 64.76 y 57.12% respectivamente.

Palabras claves: ácido húmico, propagación vegetativa, estacas, *Smallanthus jelskii* “shita blanca”.

ABSTRACT

The present investigation was developed in the Usnio hamlet, located at 3411 mmsnm, belongs to the district of La Encañada, province and department of Cajamarca. The work was carried out with the objective of evaluating the effect of three doses of humic acid in the propagation by stakes of *Smallanthus jelskii* (white shite) from the farmhouse Quinuamayo Bajo, district of La Encañada. As a pre-treatment to stimulate the growth and rooting, the stakes were immersed for a period of 25 minutes in the growth regulator (humic acid at doses of 100, 200 and 300 ppm). Later these were distributed in field under a completely randomized block design (DBCA) with four treatments and three repetitions, each experimental unit was constituted by 36 stakes; Number of shoots, number of leaves, percentage of survival, number of roots, length of roots and percentage of rooting were evaluated. The best results obtained after four and a half months in the field were with the treatments T4 (300 ppm) and T3 (200 ppm) that reached a percentage of rooting of 64.76 and 57.12% respectively.

Key words: humic acid, vegetative propagation, cuttings, *Smallanthus jelskii* "white shita".

I. INTRODUCCION

El Perú, abarca una gran variedad de ecosistemas condicionado por su fisiografía, por el tipo de suelo y condiciones climáticas, albergando gran biodiversidad vegetal, dentro de esta se encuentra *Smallanthus jelskii* (shita blanca), especie arbustiva originaria de la región de Amazonas y Cajamarca (Brako y Zarucchi 1993). Esta especie se propaga a partir de semilla botánica y también de partes vegetativas de la planta (tallos, a través de estacas y raíces).

La propagación vegetativa de especies forestales a través de estacas es posible realizarla, para producir plantaciones uniformes y para conservar individuos con características genéticas importantes. Este método es muy ventajoso y rápido en algunas especies forestales, pues se ha aplicado exitosamente en *Theobroma cacao* L, *Cedrela odorata*, *Amburana cearensis*, entre otras (Barreto 2013).

En la propagación por estacas, para reducir el tiempo de producción, se hace uso de reguladores de crecimiento, como sustancias húmicas (principalmente ácidos húmicos), que incrementa el desarrollo radicular en estacas, ya sea mediante la aplicación al suelo en soluciones nutritivas, en pulverizaciones sobre el suelo, baño o inmersión de las estacas o a través de la aplicación foliar, este desarrollo radical se debe principalmente al incremento en la absorción de nutrientes (DEAQ 2016).

El propósito de este trabajo es buscar la mejor dosis del regulador de crecimiento que permita propagar la especie por medio de estacas de forma eficiente y en menor tiempo, dado que es difícil obtener semillas para su reproducción sexual; porque son comidas por las aves y ratones de campo. Por otro lado, el ganado se alimenta de las hojas y tallos verdes, las personas suelen talar esta especie para leña, impidiendo la producción de semillas.

1.1. Objetivos de la investigación

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de tres dosis de ácido húmico en la propagación por estacas de *Smallanthus jelskii*.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del ácido húmico en el número de brotes de *Smallanthus jelskii*.
- Evaluar el efecto del ácido húmico en número de hojas de *Smallanthus jelskii*.
- Determinar el efecto del ácido húmico en la supervivencia de *Smallanthus jelskii*.
- Determinar el efecto del ácido húmico en el enraizamiento de *Smallanthus jelskii*.

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1. Antecedentes de la investigación

Cordero *et al.* (2011), realizaron una investigación con el objetivo de evaluar la eficacia del ácido húmico en el enraizamiento de varetas de cacao (*Theobroma cacao*), realizada en Siuna (Nicaragua). Utilizaron 120 varetas en 2 tratamientos (0% y 10% de ácido húmico) con 3 repeticiones. Como resultado obtuvo con el 10% de ácido húmico un prendimiento de 40 % equivalente a 24 varetas y el testigo alcanzó un 11.66% que viene a ser 7 varetas.

Lema (2012) con el objetivo de evaluar la eficiencia de 6 enraizadores, para la propagación de ramillas de café robusta (*Coffea canephora*) en vivero, desarrollada en Orellana- Ecuador. Utilizó los enraizadores: Raíz 500 a dosis de 2 g/L, tecno verde 1.5 ml/L, ankor flex 2 g/L, rootmost 3 ml/L, ácido húmico (bioplus) 5 ml/L y hormonagro 2 g/L; en los cuales sumergió las ramillas por un tiempo de 5 segundos respectivamente, antes de instalarlas en el sustrato. A los 60 días después de la instalación obtuvo como mejor resultado con hormonagro 94.44% de enraizamiento, seguido del ácido húmico (bioplus) 88.33%, rootmost 87.78%, ankor flex 81.11 %, raíz 500 un 72.78% y tecno verde 59.44% de enraizamiento.

Vásquez (2012), ejecutó un trabajo de investigación para determinar la efectividad de sustancias húmicas en la calidad de plántulas de melón del cultivar "Cantaloupe" en Satillo (México). Aplicó como riego 3 dosis de ácido húmico (1 ml, 2 ml y 3 ml/litro) al momento de sembrarlas en sustrato, obteniendo como mejor resultado al utilizar 3 ml de ácido húmico que alcanzó una longitud de raíz de 13 cm, seguidamente con 2 ml obtuvo 10.9 cm de longitud, con 1 ml alcanzó 9.2 cm y el testigo 8.3 cm de longitud de raíz.

Manolo del Cid (2014), realizó una investigación, con el objetivo de determinar el efecto de 3 productos a base de ácidos húmicos sobre el rendimiento y calidad del cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) tipo cantaloupe, para fines de exportación, realizada en Guatemala; utilizando varias concentraciones de ácido húmico: 2.8 kg/ha al 60%, 7.14 L/ha al 25%, 7.14 L/ha al 15%, por medio del sistema de riego por goteo, los cuales fueron aplicados directamente a la planta, para ello realizó un riego con agua por un periodo de 3 horas para humedecer el suelo, luego aplicó por 2 horas los ácidos húmicos para cada tratamiento, posteriormente terminó con un riego con agua por una hora; para asegurar la penetración total del producto en el suelo. Teniendo como resultado que el ácido húmico al 25% fue el que presentó un mayor rendimiento con 61.07%, el ácido húmicos al 60% con un rendimiento de 59.46%, el ácido húmico al 15% con un rendimiento de 54.72% y la más baja corresponde al testigo con un rendimiento de 13.09%.

Zamora (2014), ejecutó una investigación en Tungurahua (Ecuador), con el fin de evaluar los efectos que genera la aplicación de ácido húmico en el rendimiento del cultivo de brócoli. Utilizó 2 dosis de ácidos húmicos (1 L/ha y 2 L/ha), mediante el riego gravitacional por surcos con la frecuencia de 3 a 4 días, durante 60 días, obteniendo como mejor resultado la dosis de 2 L/ha, la cual presentó un rendimiento 18.04 t/ha, seguido de la dosis 1 L/ha que obtuvo un rendimiento de 16.42 L/ha.

Randolfo (2012), realizó una investigación con el objetivo de contribuir con la producción sostenible de limón persa (*Citrus latifolia*), en Escuintla (Guatemala). Donde utilizó 3 dosis de ácidos húmicos: 18.92 L/ha, 37.85 L/ha y 56.75 L/ha, efectuando 2 aplicaciones al suelo y 2 aplicaciones foliares,

teniendo como mejor resultado la dosis de 56.75 L/ha, que alcanzó un rendimiento de 7545.82 kg/ha, seguido de la dosis de 37.85 L/ha con un rendimiento de 5629.31 kg/ha, la dosis de 18.92 L/ha un rendimiento de 4719.94 kg/ha y el testigo un rendimiento de 4425.41 kg/ha.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Descripción general de *Smallanthus jelskii* “shita blanca”

La especie *Smallanthus jelskii*, pertenece a la familia ASTERACEAE, conocida comúnmente como “Shita blanca”, es un arbusto con uno o varios tallos de porte arbóreo cuando adultos, de hasta 12 metros de altura, fuste cilíndrico, con un DAP de 10 a 23 cm (Dávila 2002).

En el Perú se distribuye, en los departamentos de Amazonas y Cajamarca, son los lugares donde hay ocurrencia de esta especie, que crece a una altitud de 2000 a 3500 msnm (Brako y Zarucchi 1993).

2.2.1.1. Usos

El *Smallanthus jelskii* es utilizada principalmente en el tinglado de casas rurales para el segundo piso, generalmente de las cocinas, y como cintas y vigas. Además, es utilizado como cortina rompe-vientos alrededor de las viviendas, como cercos vivos alrededor de los predios, y como leña. Esta especie es un arbusto nativo y que representa una alternativa para reforzar las zonas altas o jalca por su gran adaptabilidad. Además no es una especie exigente en suelos, crece en forma asociada con quinales y otras especies sin mayor competencia por agua, luz o nutrientes, aportando mucha biomasa por la caída de sus hojas y muerte de sus raíces, es de fácil propagación en forma asexual (Dávila 2002).

La presencia importante de aceites esenciales permite una buena actividad antibacteriana, lo cual es favorable para resfríos e inflamación de garganta, usándose como gárgaras la infusión de las hojas; asimismo la presencia de taninos, flavonoides y quinonas refuerza esta actividad, también lo utilizan para dolores musculares, golpes e hinchazón, reumatismo (Sánchez y Sánchez 2012).

2.2.2. Propagación asexual

La reproducción asexual viene a ser el empleo de partes vegetativas de la planta original, es posible porque cada célula de la planta contiene la información genética necesaria para generar la planta entera. La reproducción puede ocurrir mediante la formación de raíces tallos adventicios o por medio de la unión de partes vegetativas por injerto (Hartmann y Kester 1995).

Razones para emplear la propagación vegetativa:

Mantenimiento de clones: la propagación vegetativa es asexual en cuanto a cuanto involucran divisiones mitóticas de las células, que duplican el genotipo de la planta, esta duplicación genética se designa clonación y a la población de plantas descendientes se les llama clones. Propagación de plantas sin semilla: la propagación asexual es necesaria para mantener cultivares que no producen semillas viables, como ciertas clases de bananos, higueras, naranjos y vides. Se evita periodos juveniles prolongados: las plantas que se cultivan a partir de semillas pasan por un periodo juvenil prolongado en el cual no ocurre floración; la propagación vegetativa retiene esa capacidad de floración y con ello se evita la fase juvenil. Combinación de clones: un aspecto importante de la propagación asexual lo constituye la posibilidad de combinar en una sola planta dos o más plantas clones por injerto. Razones económicas: la principal economía de la propagación vegetativa proviene de la eliminación de la fase juvenil y de acortamiento del tiempo necesario para llegar a la madurez reproductiva (Hartmann y Kester 1995).

2.2.3. Propagación por estacas

La propagación por estacas es un método de propagación asexual, que consiste en obtener una nueva planta con las mismas características genéticas de la planta madre, en este proceso se corta de la planta madre una porción de tallo, raíz u hoja, después de lo cual se coloca en ciertas condiciones ambientales favorables y se induce a que forme raíces y tallos, obteniéndose con ello una planta nueva, independiente, que en la mayoría de los casos es idéntica a la planta madre. Esta capacidad para regenerar la estructura entera de la planta, una propiedad que poseen esencialmente todas las células vegetales vivientes, dicha capacidad depende de dos características

fundamentales de las células vegetales. Una es la totipotencia, que significa que cada célula vegetal viviente contiene la información genética necesaria para reconstruir todas las partes de la planta y sus funciones. La segunda es la desdiferenciación, o sea la capacidad de células maduras de volver a una condición meristemática y desarrollar un punto de crecimiento nuevo (Hartmann y Kester 1995).

2.2.4. Importancia y ventajas de la propagación por estacas

Las estacas son el medio más importante para la propagación de arbustos ornamentales, tanto de especies deciduas como de hoja ancha y siempre verdes de hoja angosta. Las estacas se usan, también extensamente en la propagación comercial en invernadero de muchos cultivos florales y su empleo es común en la propagación de diversas especies frutales. La propagación por estacas, tiene las siguientes ventajas: de unas cuantas plantas madres es posible iniciar muchas nuevas plantas en un espacio limitado. Es económico, rápido, simple y no requiere las técnicas especiales de injerto. No existen problemas de compatibilidad con patrones o de uniones deficientes de injerto. Se obtiene una uniformidad mayor por la ausencia de variaciones que en ocasiones aparecen en las plantas injertadas resultantes de la variación en los patrones provenientes de semilla. La planta madre por lo general se reproduce exactamente sin cambio genético (Hartmann y Kester 1995).

2.2.5. Factores que afectan la formación de raíces en las estacas

Entre las diferentes especies existe marcada diferencia en la capacidad de enraizamiento de las estacas que se toman de ellas. Para determinar dichas diferencias es necesario hacer pruebas empíricas, lo cual ya se ha hecho con la mayoría de las plantas de importancia económica. Las estacas de tallo de algunos cultivares enraízan con tal facilidad con las instalaciones y cuidados más simples se pueden lograr porcentajes elevados de enraizamiento. Por otra parte, todavía no se ha logrado hacer enraizar las estacas de muchas variedades y especies. Las estacas de algunas especies difíciles se pueden hacer enraizar si se toman en cuenta varios factores que influyen en ello y se mantienen en condiciones óptimas (Hartmann y Kester 1995).

2.2.5.1. Características del material de propagación, selección y estado

El material para las estacas, deben ser las porciones de las plantas que estén en buen estado nutritivo; y de preferencia que sean jóvenes ya que enraízan con más facilidad que aquellas que provienen de plantas viejas y maduras. Las partes basales de las ramas terminales y las ramillas laterales enraízan con facilidad. La planta madre de la cual se va obtener las estacas debe poseer ciertas características fenotípicas, como: tener buen fuste, sin deformaciones, de buena altura, no muy ramificado, con pocos nudos, estar libre de plagas y enfermedades, que sean moderadamente vigorosas, tallos lignificados con buen desarrollo foliar, que no se encuentre en floración y tener mucho en cuenta la edad de la planta reproductora (Hartmann y Kester 1995).

2.2.5.2. Tipos de estacas

Las estacas se hacen de las porciones vegetativas de la planta, como los tallos modificados (rizomas, tubérculos, cormos y bulbos), hojas o raíces. A las estacas se las puede clasificar de acuerdo con la parte de la planta de la cual proceden, es así que tenemos: estacas de tallo (de madera dura, siempre verde de hojas angostas, de madera semidura y de madera suave), herbáceas o lignificadas (estaca de hoja, estacas de hoja con yema y estaca de raíz) (Hartmann y Kester 1995).

2.2.5.3. Época del año en que se corta la estaca

En algunos casos, la estación del año puede tener enorme influencia en los resultados obtenidos y puede ser la clave para obtener un enraizamiento exitoso. Es posible, desde luego, extraer estacas en cualquier época del año. En la propagación de especies deciduas, se pueden tomar estacas de madera dura durante la estación de reposo o bien durante la temporada de crecimiento se puede preparar estacas foliosas de madera suave o de madera semidura, usando madera succulenta o parcialmente madura. Las especies siempre verde de hoja angosta y de hoja ancha tienen, durante el año, uno o más periodos de crecimiento y se pueden obtener estacas en varias épocas, relacionadas con dicho periodo (Hartmann y Kester 1995).

2.2.5.4. Condición fisiológica de la planta madre

La nutrición de la planta madre puede ejercer una fuerte influencia en el desarrollo de raíces y tallos de las estacas. Este efecto, que puede estar relacionado con un estado fisiológico dado del tejido, puede asociarse con ciertas relaciones carbohidratos/nitrógeno. Factores internos, tales como el contenido de auxina, de cofactores de enraizamiento y las reservas de carbohidratos pueden, desde luego, influir en la asociación en la iniciación de raíces de las estacas. Al igual que en el caso de los carbohidratos, un contenido moderado de nitrógeno en los tejidos es mejor para lograr un enraizamiento óptimo. El contenido de nitrógeno muy bajo conduce a una reducción del vigor, mientras que su abundancia produce un vigor excesivo. En las plantas madres, el equilibrio de bajo contenido de nitrógeno y alto contenido de carbohidratos, que en muchos casos parece favorecer el enraizamiento (Hartmann y Kester 1995).

2.2.5.5. Factor de juvenilidad o cambio de fase (edad de la planta madre)

En plantas difíciles de hacer enraizar, la edad de la planta madre puede ser un factor dominante en la formación. Las estacas de tallo o de raíz tomadas en la fase de desarrollo juvenil del crecimiento, como se encuentra en las plántulas jóvenes, con frecuencia forman nuevas raíces con mucha mayor facilidad que aquellas tomadas que están en la fase adulta de su desarrollo, ya sean procedentes de semilla o propagadas vegetativamente. Es de importancia recordar que la condición juvenil se encuentra solo en tejidos tales como los que se originan de plántulas jóvenes, de aquellos de la porción juvenil inferior de árboles adultos maduros, de los que se originan de yemas adventicias (no latentes) de los tallos o aquellos que se han hecho revertir a su estado juvenil con tratamientos de giberelina o por injerto en madera juvenil. Los tejidos de las plantas jóvenes propagadas de material tomado de plantas en la fase adulta no están en un verdadero estado juvenil (Hartmann y Kester 1995).

2.2.5.6. Presencia de virus

La presencia de virus reduce no solo el porcentaje de enraizamiento sino también el número de raíces que se forman en las estacas. Los malos resultados que con frecuencia se obtienen en el enraizamiento de estacas es posible que puedan deberse al uso de material para estacas infectados por virus y puede explicar los resultados variables que a menudo se obtienen en diferentes pruebas de la misma especie (Hartmann y Kester 1995).

2.2.5.7. Aplicación de reguladores de crecimiento

Los reguladores de crecimiento, son compuestos orgánicos naturales, que en pequeñas cantidades, y por la naturaleza y el arreglo particular de sus moléculas, fomentan, inhiben o modifican el crecimiento de los vegetales ejerciendo una profunda influencia en los procesos fisiológicos (Cossio 2013).

Los reguladores modifican el desarrollo vegetal en sus diversos estadios: germinación de semillas o yemas, desarrollo vegetativo, floración y fructificación. La fitoregulación se logra en muchos casos por la aplicación de hormonas sintéticas o de productos parecidos a ellas, que caen dentro de la misma familia química, considerándose que su acción es similar a la de los grupos hormonales: auxinas, giberelinas y citocininas (Rojas y Ramírez 1993).

En el área comercial los reguladores son formulaciones con ingredientes iguales o similares a las fitohormonas, o bien con ingredientes sin ninguna similitud, pero con una bioactividad reguladora específica. Estos compuestos, han demostrado tener un efecto influyente sobre los puntos de crecimiento, la germinación y muchas otras actividades en las plantas (Hartmann y Kester 1995).

2.2.5.7.1. Fórmula para la dosificación de reguladores de crecimiento – enraizantes

Realizar una correcta dosificación del regulador de crecimiento es igual de importante que elegir el momento adecuado y los medios precisos. Siempre debemos de leer la etiqueta del producto y utilizar la dosis eficaz que nos indica está (la etiqueta) o la del profesional técnico capacitado (Serrano 2017).

Partes por millón:

Las partes por millón (ppm) es una unidad de medida de concentración que mide la cantidad de unidades de sustancia que hay por cada millón de unidades del conjunto (Químicas 2015).

El método de cálculo de ppm es diferente para sólidos, líquidos y gases:

- ppm de elementos sólidos y líquidos: se calcula según el peso:

$$\text{partes por millon (ppm)} = \frac{\text{peso de la sustancia analizada}}{\text{peso total}} \times 1000000$$

- ppm de gases: se calcula según el volumen:

$$\text{partes por millon (ppm)} = \frac{\text{volumen de la sustancia analizada}}{\text{volumen total}} \times 1000000$$

2.2.5.8. Condiciones ambientales durante el enraizamiento

2.2.5.8.1. Temperatura ambiental

Para el enraizamiento de estacas la mayoría de las especies son satisfactorias temperaturas diurnas de unos 21 a 27 °C, con temperaturas nocturnas de 15 °C, aunque ciertas especies enraízan mejor a temperaturas más bajas. Las temperaturas del aire en excesivo elevadas tienden a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación al desarrollo de las raíces y aumentar pérdida de agua por las hojas. Es importante que las raíces se desarrollen antes que el tallo (Hartmann y Kester 1995).

2.2.5.8.2. Humedad

La humedad debe mantenerse alta; entre 70 y 80% aproximadamente para evitar la deshidratación del material vegetal, especialmente en el caso de estacas verdes o herbáceas. Para ello es indispensable el empleo de boquillas con riego fino intermitente o incluso un equipo que entregue niebla fina (nebulizado) cada vez que la humedad ambiental disminuya en el invernadero, de esta forma se mantiene la humedad adecuada del sustrato y se humedecen las hojas de las estacas, reduciendo a la vez la temperatura del medio y la transpiración de las estacas (Hartmann y Kester 1995).

2.2.5.8.3. Luz

En todos los tipos de crecimiento y desarrollo de las plantas, la luz es de importancia primordial como fuente de energía para la fotosíntesis. En el enraizamiento de estacas, los productos de la fotosíntesis son importantes para la iniciación y crecimiento de las raíces. Los efectos en el pueden deberse a la intensidad (radiancia), al fotoperiodo (longitud del día) y a la calidad de luz. Estos efectos pueden ser ejercidos ya sea en las plantas madres de las que se toma el material o en las estacas mismas durante el proceso de enraizamiento. (Hartmann y Kester 1995).

2.2.6. Sustancias húmicas

Las sustancias húmicas son complejas agrupaciones macromoleculares, los compuestos aromáticos son sus principales componentes de carácter fenólico procedentes de la descomposición de la materia orgánica y compuestos nitrogenados. Estas moléculas se combinan entre sí por lo que no existen dos moléculas de sustancias húmicas idénticas. La reactividad de los ácidos húmicos se debe básicamente a un alto contenido en grupos funcionales COOH, OH fenólico, OH alcohólico y C = = quinónico e hidroxiquinónico y cetonas alpha y beta insaturadas. Los ácidos húmicos se obtienen por extracción en una solución alcalina de hidróxido potásico. Se pueden extraer también con hidróxido sódico Los nutrientes presentes en los ácidos húmicos son carbono en 50 a 60%, nitrógeno 2 a 6%, oxígeno 30 a 35%, imprescindibles para el desarrollo de los vegetales (Castañeda 2010).

Dentro de las sustancias húmicas hay 2 grupos muy importantes: ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, y sus diferencias están determinadas por el color, peso, solubilidad, capacidad de intercambio catiónico, residualidad en el suelo y tipos de usos. Los ácidos fúlvicos son de color café – amarillo, menor peso molecular, son solubles en medios ácidos y alcalinos, menor de intercambio catiónico. Los ácidos húmicos son de color pardo oscuro, alto peso molecular, son solubles en medios alcalinos, alta capacidad de intercambio catiónico, altamente residuales, acción físico – química en el suelo. Los ácidos húmicos tienen una gran influencia en el incremento de reservas y fertilidad del suelo, menor penetración foliar y radicular pero gran movilidad de los nutrientes en la planta (Inofuentes 2013).

2.2.6.1. Beneficios de los ácidos húmicos

2.2.6.1.1. En el suelo

Los ácidos húmicos mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo el almacenamiento de humedad, se incrementa la capacidad de intercambio catiónico, disminuye la densidad aparente, disminuye el pH en los suelos alcalinos y se eleva la fertilidad natural al facilitar la absorción de los nutrientes presentes y disminuir pérdidas por lixiviación o liberados en forma asimilable, mejoran la actividad microbológica en el suelo, aumentan la disponibilidad y retención de nutrientes del suelo, reducen la salinidad del suelo, tienen efecto quelatante de minerales como Fe, Zn, Mn, Cu, Mg (Inofuentes 2013).

2.2.6.1.2. En las plantas

Los ácidos húmicos transportan nutrientes hasta la raíz, permeabilizan la membrana celular de la planta, promueven alta germinación y cultivos precoces, confieren resistencia sistémica a la planta, mejoran la floración y fructificación, mejoran la calidad de cosechas. Notablemente gracias al poder secuestrante de cationes del suelo desbloquea sus formas insolubles poniéndolos a disposición de las plantas. Los ácidos húmicos actúan como fijador del amoníaco disminuyendo el proceso de desnitrificación con lo que aumenta la capacidad de fijación y utilización del nitrógeno del suelo, desbloquea los componentes insolubles de fósforo poniéndolo a disposición de la planta, transporta macro y micronutrientes de las raíces a la parte aérea y trasloca los nutrientes a diferentes partes de la planta favoreciendo un equilibrio nutricional, facilita la nutrición a través de las hojas pues modifica la permeabilidad de la membrana, quelata los elementos menores y forma complejos con los elementos mayores que son aceptados por la planta como parte integral de su fisiología, forman complejos orgánicos con los herbicidas, fungicidas e insecticidas que también son potencializados ampliando su rango de control y eficacia (Inofuentes 2013).

2.2.6.2. Sinergipron complex -25%

Es un extracto húmico – fúlvico, enriquecido con micro elementos provenientes de un proceso biotecnológico de extracción de la turba leonardita. Se utiliza para optimizar los procesos fisiológicos en los cultivos, así como mejorar las propiedades físico – químicas del suelo. Está compuesto de extracto húmico total 30.5% (ácido húmico 26.8%, ácido fúlvico 3.66%), y microelementos: potasio 12.6%, fósforo 2.2%, nitrógeno 1.2%, hierro 0.12%, zinc 0.06%, cobre 0.06%, magnesio 0.06%, boro 0.02%, molibdeno 0.0024%. SINERGIPRON COMPLEX-25% aporta materia orgánica de forma activa al suelo y con efecto inmediato, consiguiendo: mejorar la estructura del suelo, aumentar la retención de los abonos, mejorar el intercambio catiónico, mantener la relación carbono/nitrógeno, reducir el poder clorosante del suelo, favorecer la respiración y crecimiento radicular de la planta, favorece la absorción del agua y los nutrientes debido a que aporta mejor permeabilidad del suelo, favoreciendo el lavado de sales, mejora la capacidad de retención del agua, aumento de la permeabilidad de las membranas radiculares y por tanto de la absorción, aporta microelementos en forma quelatada, evitando carencias y logrando en definitiva un suelo que funciona y una planta bien nutrida, vigorosa y productiva (DEAQ 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

Esta investigación se realizó en un predio del caserío Usnio, distrito de la Encañada, provincia y región Cajamarca, se sitúa a la altura del km 32.6 de la carretera Cajamarca - Celendín, cuya altitud es de 3411 msnm, con temperaturas promedio que oscila entre 4 °C a 16 °C (SENAMHI 2017), cuyas coordenadas son 9217395N y 796036E, zona 17.

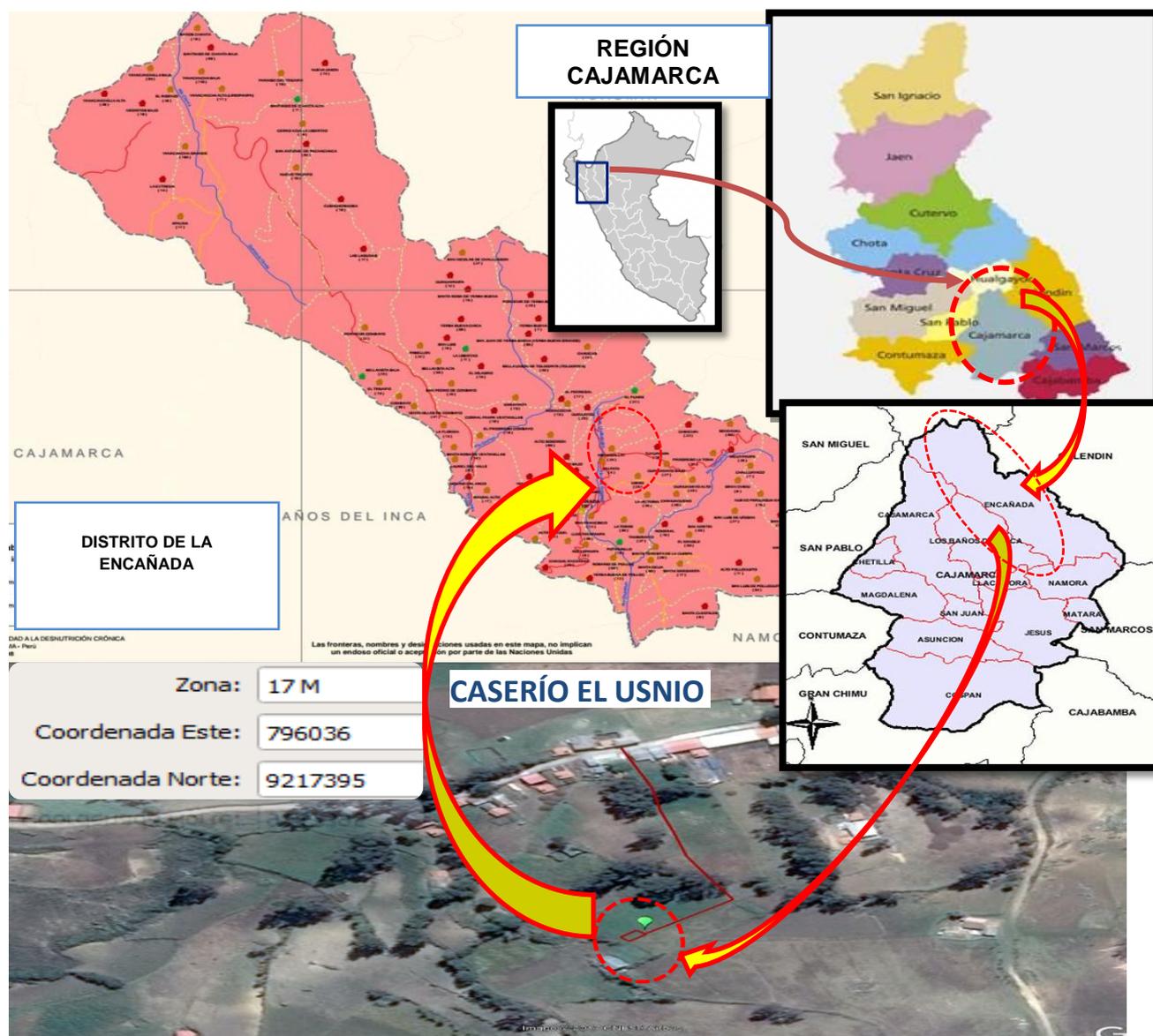


Figura 1: Mapa de ubicación del caserío Usnio

3.2. Materiales

Material experimental

- Estacas de *Smallanthus jelskii*
- Ácido húmico (nombre comercial sinergipron complex 25%)

Materiales y herramientas

- Suelo agrícola
- Malla raschel 50%
- Tijera de podar
- Palanas (cuchara y derecha)
- Pico
- Zaranda
- Manguera de 100 metros
- Wincha de 50 metros.
- Rastrillo
- Fierro de un ¼ pulgada
- Rafia
- Pipeta graduada de vidrio de 10 ml

Equipos

- Cámara fotográfica
- Navegador GPS

3.3. Descripción del material vegetativo

Para el experimento se utilizaron como donadoras 7 plantas madres, de estado juvenil a adulto, de unos 5 años de edad, con una altura de 6 a 8 metros, de porte homogéneo, fuste cilíndrico y recto, con poca ramificación. Las estacas se extrajeron de las ramas basales de las plantas, utilizando las partes terminales o apicales, que correspondió al segmento originado en la última temporada de crecimiento.

3.4. Metodología

La investigación se realizó entre los meses de octubre de 2016 a marzo de 2017, en la cual se planteó evaluar el efecto de 3 dosis de ácido húmico en la propagación por estacas de *Smallanthus jelskii*.

El trabajo desarrollado es de carácter experimental, el cual consistió en hacer enraizar estacas de *Smallanthus jelskii* o shita blanca, aplicando un regulador de crecimiento a base de ácido húmico (sinergipron complex 25%) con 3 dosis (100 ppm, 200 ppm y 300 ppm).

3.4.1. Diseño experimental

Para la instalación del experimento se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 4 tratamientos y tres repeticiones; distribuyéndose cada tratamiento, de manera aleatoria en las unidades experimentales.

Tabla 1. Factor, componente, concentración y código para los tratamientos estudiados

Factor	Componente	Concentración	Código
Ácido húmico	Testigo	0 ppm	T1
	Acido húmico	100 ppm	T2
	Acido húmico	200 ppm	T3
	Acido húmico	300 ppm	T4

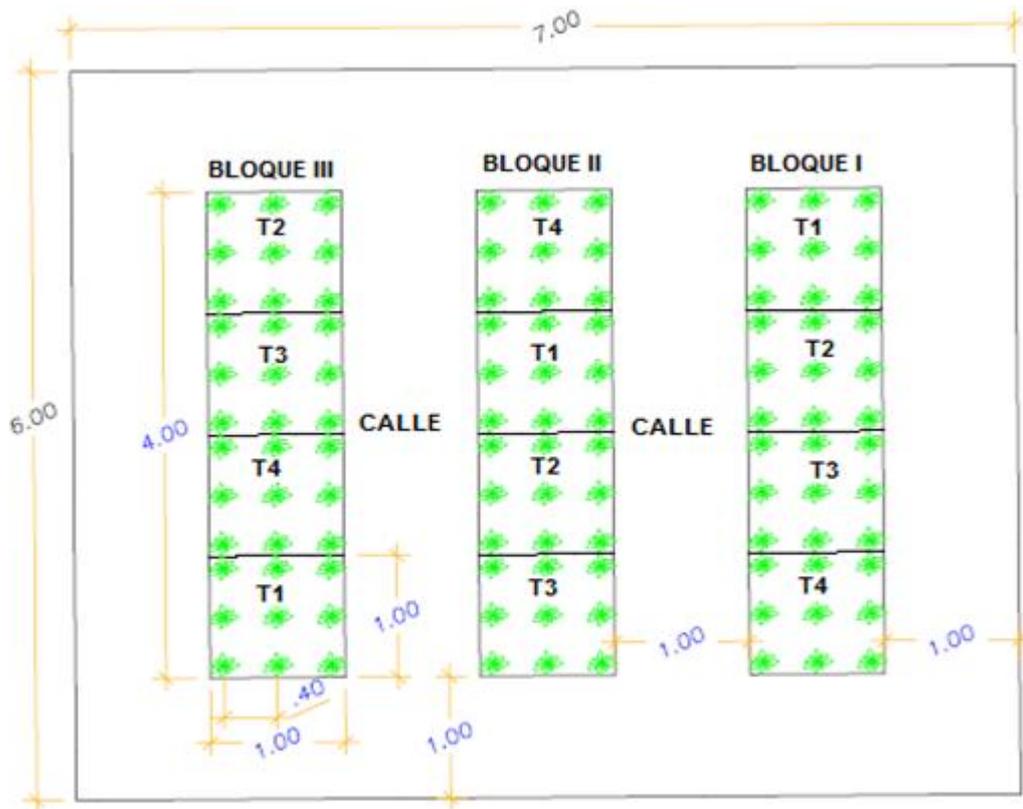


Figura 2: Esquema de ubicación de cada tratamiento en los bloques de propagación.

3.4.2. Fase de campo

El material vegetal fue recolectado del caserío Quinuamayo Bajo del distrito la Encañada, donde se encuentran las plantas madres o donadoras. Las estacas inmediatamente recolectadas (estacas de shita blanca) fueron cubiertas con periódico húmedo e introducidas en bolsas plásticas negras, cuyo fin fue evitar la deshidratación. Luego fueron transportadas al caserío Usnio, donde se ubicó los ensayos para cumplir con los objetivos planteados.

3.4.2.1. Instalación de las platabandas

Para esta investigación se utilizó un área de 42 m² (7m de largo x 6 m de ancho) donde se instaló los tres bloques con medidas de 1m ancho x 4 m de largo, separados por sus respectivos caminos de 1 m de ancho cada uno. Como sustrato de propagación se utilizó tierra agrícola, la misma que fue tamizada para eliminar impurezas, y posteriormente depositada y acondicionada en cada bloque.

3.4.2.2. Recolección del material biológico

Para la recolección de estacas se seleccionaron las plantas madres existentes en el caserío Quinuamayo Bajo del distrito la Encañada, las cuales debieron cumplir con las siguientes características: tener buen fuste, sin deformaciones, buena altura, escasa ramificación, con pocos nudos, estar libre de plagas y enfermedades, moderadamente vigorosas, tallos lignificados con buen desarrollo foliar y ausencia de floración.

De las plantas madres seleccionadas, utilizando una tijera de podar se obtuvieron estacas de 20 cm de longitud en promedio, verificando que contengan de 2 a 4 nudos. El corte inferior se hizo transversal y debajo del nudo, el corte superior fue en forma de bisel. La longitud de los entrenudos fue inferior a 8 cm y de diámetros entre 1.5 y 2 cm.

Esta actividad se realizó por la tarde, a partir de las 16 horas. Para trasladar las estacas se las envolvió en periódico húmedo, introduciéndolas en bolsas plásticas grandes de color negro, para evitar la deshidratación de las mismas.

3.4.2.3. Aplicación del regulador de crecimiento a las estacas

El regulador de crecimiento utilizado fue el producto de nombre comercial sinergipron complex 25% compuesto de ácido húmico, con dosis de 100, 200 y 300 ppm. Para preparar la solución se empleó una pipeta graduada de 10 ml y un balde pequeño con 1 litro de agua destilada.

Luego de preparadas las soluciones se realizó la inmersión de las estacas por un tiempo de 25 minutos en cada una de las dosis.

3.4.2.4. Instalación de las estacas

El estacado se realizó en filas, colocando las estacas con distanciamientos de 40 cm entre filas y 40 cm entre estacas, fueron colocadas con una ligera inclinación y a una profundidad tal que el sustrato cubra suficientemente el nudo inferior para asegurar el enraizamiento. En cada tratamiento se instaló 9 estacas, con un total de 36 estacas por bloque.

3.4.2.5. Protección de bloques

La protección de bloques fue indispensable para el enraizamiento, debido a la alta insolación durante el día y presencia de heladas por las noches; para esto se realizó un tinglado con alambres de $\frac{1}{4}$ " en forma de arcos y mallas raschel 50 % de luminosidad de color verde de 2m de ancho x 6 m de largo.

3.4.2.6. Manejo de las estacas

Riego: se realizó por las mañanas a partir de las 7:00 a.m hasta las 10: 00 a.m y por las tardes de 4:00p.m hasta las 6:00 p.m, con una manguera, para mantener la humedad adecuada en el sustrato.

Deshierbo: se realizó semanalmente, debido a que el crecimiento de las malas hierbas fue constante.

3.4.2.7. Evaluación del experimento

Después de la instalación del experimento, se monitoreo cada 15 días, a través de simples conteos de las estacas muertas, número de brotes nuevos y número de hojas.

Al finalizar el experimento, se evaluó el crecimiento radicular y para ello se extrajeron todas las estacas y se registró:

- Numero de raíces
- Longitud de las raíces
- Estacas vivas y muertas

3.4.3. Fase de gabinete

En esta fase, con los datos registrados en campo de los parámetros evaluados (número de brotes, número de hojas, porcentaje de supervivencia, número de raíces, longitud de raíces, porcentaje de enraizamiento), se realizó el procesamiento de datos con el programa estadístico infostat.

Por tratarse de datos experimentales provenientes de datos discretos, éstos fueron transformados con la función $Y = \sqrt{X}$, para cumplir con los requisitos del análisis de varianza (ANOVA) (Steel y Torrie 1985).

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y en los casos en donde se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, se realizó la prueba de rango múltiple de DUNCAN al 5%, para determinar cuál de los tratamientos es el más eficiente.

También se utilizó gráficos para expresar los resultados obtenidos con la prueba de DUNCAN, el software Excel, Autocad y bibliografía consultada para poder comparar los datos obtenidos.

De los datos obtenidos de cada parámetro evaluado antes de procesarlos, se procedió a transfórmalos, para que de esta manera se pueda trabajar el análisis de varianza y así poder determinar si existe o no significación estadística.

3.4.3.1. Transformación de datos obtenidos de cada parámetro evaluado para sacar sus promedios

Para determinar el promedio de: brotes/estaca, hojas/estaca, de raíces/estaca, longitud de raíces/estaca se calculó mediante las fórmulas:

$$\text{Promedio n}^\circ \text{ brotes} = \frac{\sum \text{total de brotes}}{\text{N}^\circ \text{ de estacas}}$$

$$\text{Promedio n}^\circ \text{ de hojas} = \frac{\sum \text{total de hojas}}{\text{N}^\circ \text{ de estacas}}$$

$$\text{Promedio n}^\circ \text{ de raíces} = \frac{\sum \text{total de raíces}}{\text{N}^\circ \text{ de estacas}}$$

$$\text{Promedio longitud de raíces} = \frac{\sum \text{total de longitud de raíces}}{\text{N}^\circ \text{ de estacas}}$$

Para determinar el porcentaje de supervivencia y de enraizamiento, se calculó con las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ de supervivencia} = \frac{\text{N}^\circ \text{ estacas vivas}}{\text{N}^\circ \text{ total de estacas}} \times 100$$

$$\% \text{ de enraizamiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de estacas con raíces}}{\text{N}^\circ \text{ total de estacas}} \times 100$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la tabla 2, se presenta los promedios obtenidos de los parámetros evaluados en cada uno de los tratamientos, además de incluir sus respectivos porcentajes de supervivencia y enraizamiento, a los 4 meses y medio en vivero. Para el número de brotes, se obtuvo un promedio de 5.33 brotes para los tratamientos T4 y T3, ambos tratamientos respondieron igual. Para el número de hojas, el tratamiento T4 tiene un promedio 13 hojas y el tratamiento T3 tiene 10 hojas, estos tratamientos son superiores al resto de tratamientos. En cuanto al número de raíces el promedio más alto se obtuvo en el tratamiento T4 con 7.67 raíces/estaca y para el promedio de longitud de raíces con el tratamiento T4 se obtuvo 13.62 cm, siendo superior a los demás tratamientos. En cuanto al porcentaje de enraizamiento el tratamiento T4 alcanzó un 81.48% de enraizamiento, seguido del tratamiento T3 con un 70.37% ambos superiores al testigo que no enraizó. En los 3 tratamientos que se aplicó el ácido húmico (T4, T3 y T2) se consiguió un 100% de supervivencia a diferencia del testigo que tiene un 81.47%.

Tabla 2: Efecto del ácido húmico en los parámetros evaluados en la propagación por estacas de *Smallanthus jelskii*

Ácido húmico	Prom. n° de brotes	Prom. n° de hojas	Prom. N° de raíces	Prom. Longitud de raíces	Porcentaje enraizamiento (%)	Porcentaje de supervivencia (%)
T1 (Testigo)	2.67	2.33	0.00	0.00	0.00	81.47
T2 (100 ppm)	4.00	3.67	1.67	1.83	25.92	100
T3 (200 ppm)	5.33	10.00	6.00	9.52	70.37	100
T4 (300 ppm)	5.33	13.00	7.67	13.62	81.48	100

A continuación se detalla los análisis de varianza (ANOVA), para las variables en estudio y la prueba de rango múltiple (Duncan al 5%).

4.1. Número de brotes

Según el análisis de varianza (Tabla 3) existe una alta significancia estadística para los tratamientos (16.41), debido a que la F calculada supera a las F tabular a los niveles 0,05 y 0,01 de probabilidades, respectivamente, lo cual indica que las medias de los tratamientos difieren uno del otro. Para la fuente

de variación bloques no se encontró significación estadística lo que demuestra que los resultados correspondientes a los bloques fueron homogéneos entre ellos.

El coeficiente de variación fue de 6.68%, esto indica que la variación de datos es baja, casi homogénea en el material experimental (estacas de *Smilax glabra*).

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA) para el número de brotes (Datos transformados con $Y = \sqrt{X}$)

Fuente de variación	Grados de libertad	suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	F tabular	
					0.05	0.01
Bloque	2	0.01	0.01	0.34 NS	5.14	10.92
Tratamiento	3	0.94	0.31	16.41**	4.76	9.78
Error	6	0.11	0.02			
Total	11	1.07				

$$CV = 6.68\%$$

Al realizar la prueba de Duncan al 5% de probabilidad (Tabla 4 y Figura 3), se observa que el T4 (ácido húmico a 300 ppm) y el T3 (ácido húmico a 200 ppm), alcanzaron un promedio de 2.31 brotes por estaca, lo que indica que son estadísticamente iguales y superiores al testigo.

Estos resultados muestran que el efecto del ácido húmico para brotes es significativo; respecto a ello, Chukov *et al.* (1996), mencionan que las sustancias húmicas tienen una acción directa sobre el desarrollo del vegetal, mediante el aumento de permeabilidad de las membranas, facilitando la absorción de nutrientes, a través de las raíces y de esta manera incidiendo en el desarrollo de la parte aérea.

Tabla 4. Prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidades para el número de brotes (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$).

Orden de mérito	Ácido húmico (ppm)	Prom. Número de brotes	Significación al 5%
1	300	2.31	A
2	200	2.31	A
3	100	2	B
4	0	1.63	C

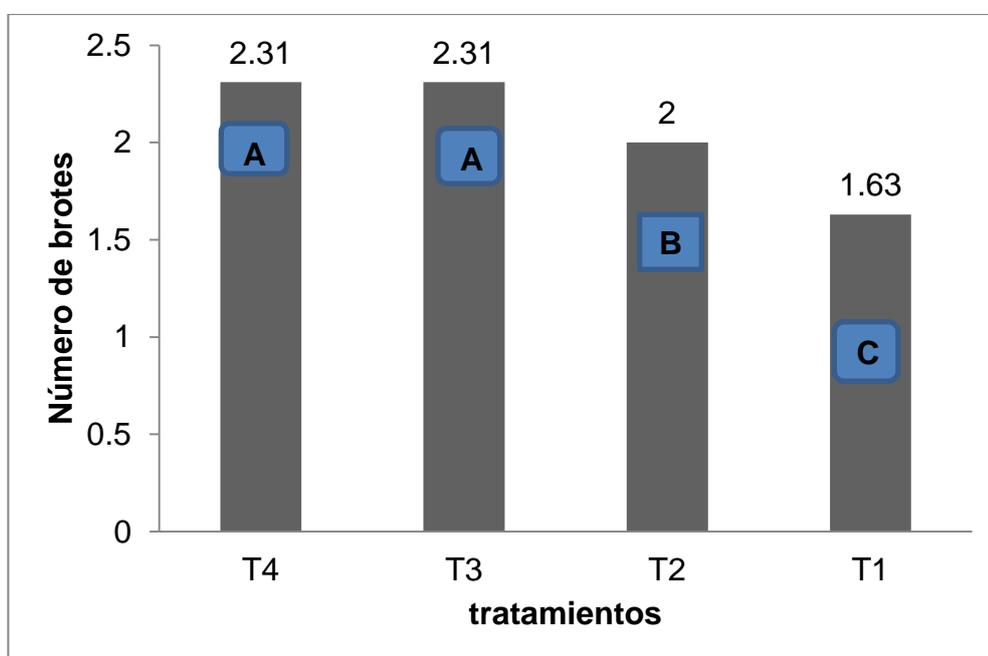


Figura 3. Efecto del ácido húmico para el número de brotes.

4.2. Número de hojas

En La Tabla 5, se observa la significación estadística al 1 % de probabilidad para los tratamientos en estudio (concentraciones de ácidos húmicos al 100, 200 y 300 ppm). Este resultado indica que el promedio del número de hojas por tratamiento fue diferente, indicando que las diferentes concentraciones afectan al número de hojas de manera significativa.

Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) para el número de hojas (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$).

Fuente de variación	Grados de libertad	suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	F tabular	
					0.05	0.01
Bloque	2	0.17	0.09	17.56**	5.14	10.92
Tratamiento	3	8.86	2.95	594.47**	4.76	9.78
Error	6	0.03	0.005			
Total	11	9.06				

$$CV = 2.77\%$$

En la tabla 6 y figura 4, se observa que el T4 (ácido húmico a 300 ppm) es estadísticamente superior al resto de tratamientos en cuanto al número de hojas, cuyo promedio fue de 3.6 hojas por estaca, mientras que el tratamiento T1 (testigo) presentó el menor número de hojas con un promedio de 1.5 hojas.

Los datos obtenidos son semejantes a los reportados por Lema (2012) quien utilizó 6 enraizadores en ramillas de café robusta (*Coffea canephora*), teniendo mejor resultado al utilizar 5ml/L de ácido húmico (bioplus), obtuvo un promedio de 1.61 hojas por planta a diferencia del testigo quien alcanzó un promedio de 0.50 hojas por planta.

Tabla 6. Prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidades para el número de hojas (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$).

Orden de mérito	Ácido húmico (ppm)	Prom. Número de hojas	Significación al 5%
1	300	3.6	A
2	200	3.16	B
3	100	1.91	C
4	0	1.52	D

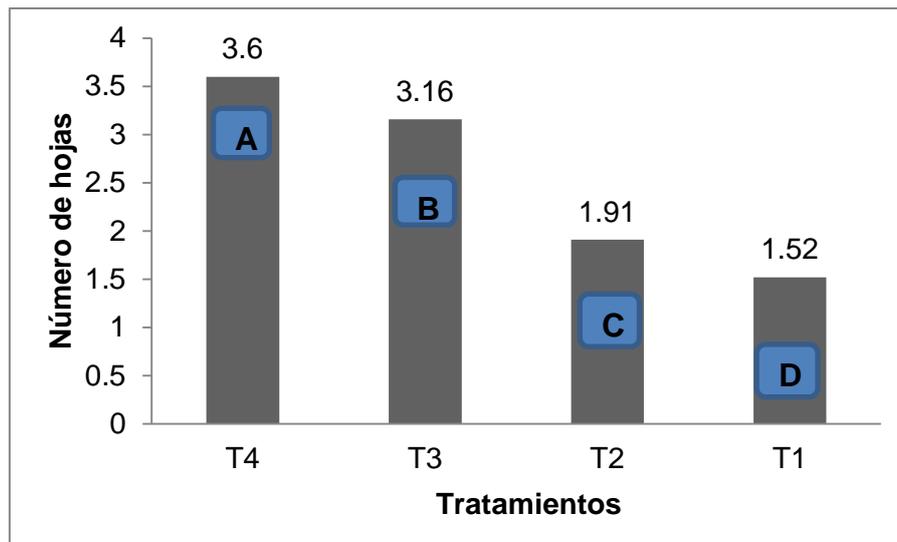


Figura 4. Efecto del ácido húmico para el número de hojas

4.3. Porcentaje de supervivencia

Mediante el análisis de varianza, en La Tabla 7, se observa que existe alta significación estadística en el efecto del ácido húmico en la supervivencia de las estacas de *Smallanthus jelskii* y se demuestra porque las F calculada supera a la F tabular en los niveles 0.05 y 0.01 de probabilidades, lo cual indica que las medias de los tratamientos no son similares.

Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de supervivencia (Datos transformados con $Y = \sqrt{X}$).

Fuente de variación	Grados de libertad	suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	F tabular	
					0.05	0.01
Bloque	2	0.06	0.03	1 NS	5.14	10.92
Tratamiento	3	2.15	0.72	23.07**	4.76	9.78
Error	6	0.19	0.03			
Total	11	2.39				

$$CV = 1.8\%$$

Al realizar la prueba de significación de Duncan, En la tabla 8 y figura 5 se observa que las estacas en los tratamientos T4 (ácido húmico a 300 ppm), T3 (ácido húmico a 200 ppm) y el T2 (ácido húmico a 100 ppm) alcanzaron un

10% de supervivencia, los porcentajes son estadísticamente iguales entre sí y superiores al T1 (testigo), que alcanzó un 9.02%.

De acuerdo a lo indicado, el ácido húmico influye en la supervivencia de las plantas como menciona Inofuentes (2013), que los ácidos húmicos poseen influencias sobre el estado de sanidad de las plantas, ya que favorecen la actividad y vigor de las plantas y con ello su fortaleza ante problemas fitosanitarios. Sin olvidar que estimulan la actividad de microorganismos útiles en el suelo y ayuda a un equilibrio biológico más natural alrededor del sistema radicular de la planta.

Tabla 8. Prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidades para el porcentaje de supervivencia (Datos transformados con $Y = \sqrt{X}$).

Orden de mérito	Ácido húmico (ppm)	% de supervivencia	Significación al 5%
1	300	10	A
2	200	10	A
3	100	10	A
4	0	9.02	B

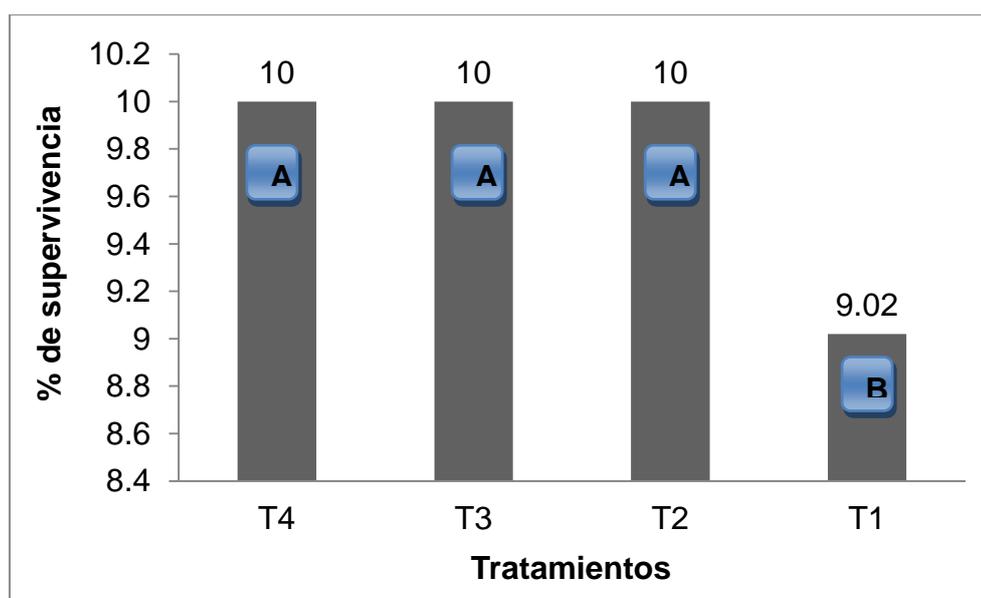


Figura 5: Efecto del ácido húmico para el porcentaje de supervivencia de *Smallanthus jelskii*

4.4. Número de raíces

Según se observa en la tabla 9, para el número de raíces por estaca, existe una alta significación estadística, puesto que la F calculada supera a la F tabular, debido a la heterogeneidad en el promedio del número de raíces por tratamiento y el efecto de las diferentes concentraciones de ácido húmico en el número de raíces es diverso.

El coeficiente de variación fue 31.25%, esto indica que hay una alta variabilidad en el material experimental (estacas de *Smallanthus jelskii*). Dicha variación podría deberse a varias causas: momento de la selección de las estacas, individuos o plantas madres con diferencias en tamaño, grosor, edad y forma; y, a pesar que han sido sembradas en las mismas condiciones han influido en el resultado final del experimento.

Tabla 09. Análisis de varianza (ANOVA) para el número de raíces (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$).

Fuente de variación	Grados de libertad	suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	F tabular	
					0.05	0.01
Bloque	2	0.37	0.19	0.78 NS	5.14	10.9
Tratamiento	3	14.8	4.93	20.63 **	4.76	9.78
Error	6	1.43	0.24			
Total	11	16.61				

$$CV = 31.25\%$$

En la tabla 10 y figura 6, se observa que el T4 (ácido húmico a 300ppm) y el T3 (ácido húmico a 200ppm), con un promedio de 2.77 y 2.44 raíces por estaca, respectivamente, son estadísticamente iguales y superiores al resto de tratamientos, debido al efecto significativo de las dosis de ácido húmico en el número de raíces por estaca.

Estos resultados confirman lo que menciona Inofuentes (2013), quien afirma que el efecto de los ácidos húmicos está íntimamente ligado con un aumento en la absorción de fósforo, debido al incremento de la permeabilidad de las membranas celulares. Una vez absorbido por la planta, interviene en la regulación y transferencia energética, por lo que aporta la energía que necesita la planta para incrementar la biomasa aérea y radicular.

Tabla 10. Prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidades para el número de raíces (datos transformados con $Y = \sqrt{X}$).

Orden de mérito	Ácido húmico (ppm)	Prom. Número Raíces	Significación al 5%
1	300	2.77	A
2	200	2.44	A
3	100	1.05	B
4	0	0	C

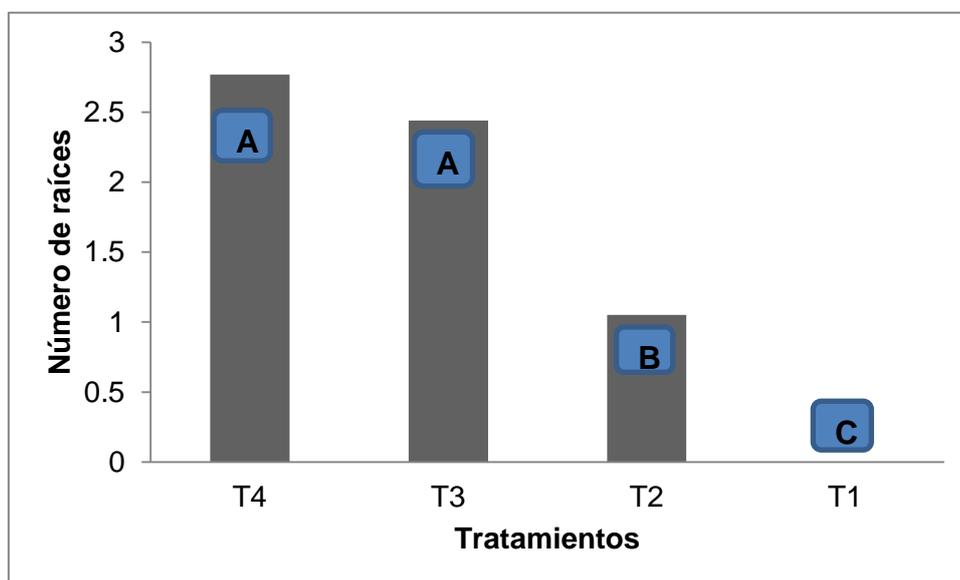


Figura 6. Efecto del ácido húmico para el número de raíces.

4.5. Longitud de raíces

En La Tabla 11, se observa que existe alta significación estadística para los tratamientos en estudio, lo cual indica que las medias de los tratamientos difieren uno del otro. Por lo tanto se realizó la prueba de Duncan al 5 % para determinar cuál de los tratamientos es el mejor para la longitud de raíces.

Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) para la longitud de raíces

Fuente de Variación	Grados de libertad	suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	F tabular	
					0.05	0.01
Bloque	2	0.27	0.13	0.41 ^{NS}	5.14	10.92
Tratamiento	3	370.82	123.61	373.55 ^{**}	4.76	9.78
Error	6	1.99	0.33			
Total	11	373.07				

$$CV = 9.21\%$$

Al realizar la prueba de Duncan al 5% de probabilidad (Tabla 12 y Figura 7), se observa que el T4 (ácido húmico a 300ppm) alcanzó un promedio de 13.62 cm de longitud de raíz, lo cual indica que es estadísticamente superior al resto de tratamientos.

Los ácidos húmicos tienen alta influencia en el desarrollo de la raíz de las plantas, como menciona Vásquez (2012), quien determinó la efectividad de las sustancias húmicas en la calidad de plántulas de melón (*Cucumis melo* L.), al aplicar dosis de 1 ml, 2 ml y 3 ml/litro de ácido húmico, obtuvo como mejor resultado la dosis de 3 ml de ácido húmico que alcanzó una longitud de raíz de 13 cm, seguidamente de la dosis de 2 ml con 10.9 cm, y la dosis de 1 ml 8.3 cm y el testigo un 9.2 cm respectivamente.

Tabla 12. Prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidades para la longitud de raíces.

Orden de mérito	Ácido húmico (ppm)	Prom. Longitud de raíz (cm)	Significación al 5%
1	300	13.62	A
2	200	9.52	B
3	100	1.83	C
4	0	0	D

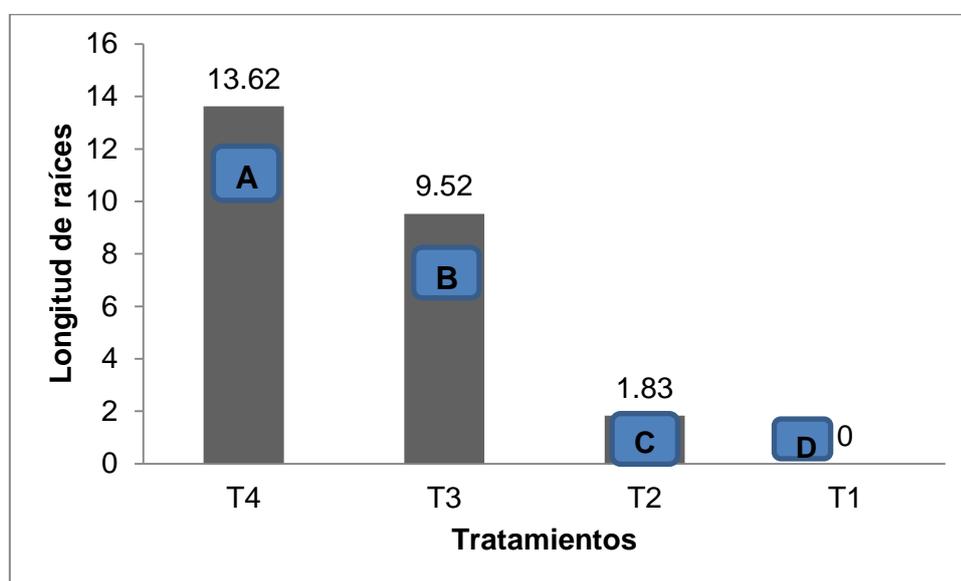


Figura 7. Efecto del ácido húmico para la longitud de raíces.

4.6. Porcentaje de enraizamiento

Los resultados obtenidos con el análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento, en la tabla 13, se observa que existe alta significación estadística para los tratamientos en estudio, puesto que la F calculada supera a la F tabular, lo cual indica que las medias de los tratamientos difieren uno del otro.

Se obtuvo un coeficiente de variación 9.98%, lo que indica la baja variabilidad del material experimental para la variable evaluada, lo cual muestra que el experimento se realizó de forma correcta y que los datos son confiables.

Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de enraizamiento.

Fuente de variación	Grados de libertad	suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	F tabular	
					0.05	0.01
Bloque	2	31.27	15.63	1.08 ^{NS}	5.14	10.92
Tratamiento	3	7745.25	2581.8	178.9 ^{**}	4.76	9.78
Error	6	86.59	14.43			
Total	11	7863.11				

$$CV = 9.98\%$$

Al realizar la prueba de Duncan (Tabla 14 y figura 8), se observa que el T4 (ácido húmico a 300 ppm) y el T3 (ácido húmico a 200ppm), con un promedio de 64.76 y 52.12% de enraizamiento, respectivamente, son estadísticamente iguales y superiores al testigo.

Los resultados obtenidos, son semejantes a los de Cordero *et al.* (2011), quienes evaluaron la eficacia del ácido húmico al 10 % en el enraizamiento de varetas (estacas) de cacao (*Theobroma cacao*), obteniendo como resultado 40 % de enraizamiento, equivalente a 24 varetas y el testigo alcanzó un 11.66 % equivalente a 7 varetas. Demostrando de esta manera la alta influencia del ácido húmico en el enraizamiento de plantas.

Tabla 14. Prueba de significación de Duncan al 5% de probabilidades para el porcentaje de enraizamiento.

Orden de merito	Ácido húmico (ppm)	% de enraizamiento	Significación al 5%
1	300	64.76	A
2	200	57.12	A
3	100	30.5	B
4	0	0	C

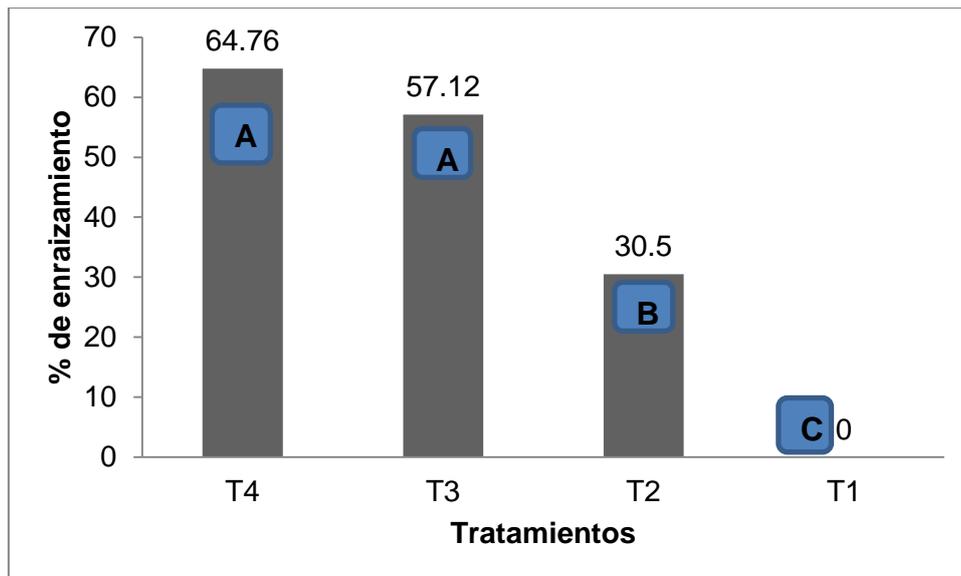


Figura 8. Efecto del ácido húmico para el porcentaje de enraizamiento de *Smilax glabra*.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El ácido húmico influye en la formación de brotes, teniendo como mejores resultados los tratamientos T4 (ácido húmico 300 ppm) y T3 (ácido húmico 200 ppm) con un promedio de 2.31 brotes por estaca, siendo estadísticamente superior al testigo (T1) que obtuvo 1.63 brotes por estaca.

Al determinar el efecto del ácido húmico para el número de hojas de *Smalanthus jelskii*, se observó que en el tratamiento T4 (ácido húmico 300 ppm) alcanzó en promedio 3.6 hojas por estaca, superando a los demás tratamientos estudiados.

Al utilizar ácido húmico en la propagación vegetativa de *Smalanthus jelskii*, se determinó que favorece la supervivencia, alcanzando un 100% para los tratamientos T2, T3 y T4 en comparación al tratamiento T1 (testigo) que solamente alcanzó un 81.47% de supervivencia.

El efecto del ácido húmico en el porcentaje de enraizamiento del *Smalanthus jelskii*, es altamente significativo para los tratamientos en estudio. El tratamiento T4 (ácido húmico 300 ppm) y el tratamiento T3 (ácido húmico 200 ppm) alcanzaron un promedio de 64.76 y 52.12% de enraizamiento respectivamente, los cuales son estadísticamente superiores al tratamiento T1 (testigo) que no enraizó.

5.2. Recomendaciones

Para alcanzar mayor porcentaje de enraizamiento, por estacas en *Smilax jelskii* “shita blanca” en menor tiempo, se recomienda utilizar ácido húmico (SINERGIPRON COMPLEX 25%) a una concentración de 200 ppm con un tiempo de inmersión de 25 minutos.

Seguir investigando los efectos del ácido húmico en la propagación de *Smilax jelskii* “shita blanca”, especie nativa del Perú con gran importancia medicinal, maderable y agroforestal; así como en otras especies forestales.

LITERATURA CITADA

Brako, L; Zarucchi, J. 1993. Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. Saint Louis, MO: Missouri Botanical Garden. Vol. Nº 45, 1286p.

Barreto Huayascachi, C. 2013. Propagación de plantas nativas por sistema vegetativo. Lima – Perú. Trabajo de investigación. Especialidad de Desarrollo Ambiental – Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. 28 p.

Castañeda, M. 2010. Metodología actualizada para determinación de ácidos húmicos y fúlvicos. San Salvador – Ecuador. 14 p.

Chukov, S.N; Talishkina, V.D y Nadporozhskaya, M.A. 1996. Physiological activity of growth simulators and of soil humic acids. Eurasian Soil Science. 39p.

Cordero Rivera, F; Montalván Castrejón, O; Flores Pérez, O. 2011. Tipos de enraizadores en varetas de *Theobroma cacao*, comunidad Carao. Ciencia e Interculturalidad. Carao- Siuna. 8 p. Vol 14.

Cossio, L. 2013. Guía de estudio – reguladores de crecimiento- cátedra de fisiología vegetal. Consultado el 17 de diciembre del 2016. Disponible en: <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/GuiadeestudioGerminacion.pdf>

Dávila Estela, L. 2002. Estudio Dendrológico de 15 Especies Forestales Nativas de La Comunidad de Perlamayo Capilla – Chugur. Tesis Ing. For. Cajamarca, Perú. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales- UNC. 123 p.

DEAQ. 2016. Diccionario de Especialidades Agroquímicas. Sinergipron complex -25: ficha técnica. Consultado el 12 de setiembre del 2016. Disponible en: <http://www.agroquimicos-organicosplm.com/sinergipron-complex-25-69-1-1978-33-3>

Hartmann Hudson, T; Kester Dale, E. 1998. Propagación de plantas, principios y prácticas. México. Compañía editorial continental S. A. 796 p.

Inofuentes Uzquiano, J. 2013. Corporación Bioquímica Internacional S.A.C. Ácidos húmicos y fúlvicos en la agricultura orgánica. Consultado el 12 de noviembre del 2016. Disponible en: <https://es.slideshare.net/silvesterperez24/acidoss-humicos-y-fulvicos-en-la-fertilizacion-organica>

Lema Ramos, L. 2012. Evaluación de la eficacia de seis enraizadores y dos sustratos para la propagación de ramillas de café robusta (*Coffea canephora*) en vivero. Tes. Ing. Agr. Riobamba – Ecuador. Facultad de Recursos Naturales. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 100 p.

Manolo Del Cid Antón, A. 2014. Evaluación de 3 ácidos húmicos en el cultivo de melón tipo Cantaloupe, en Estanzuela. Tes. Ing. Agr. Zacapa. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, URL. 80 p.

Químicas 2015. Ejemplos de ppm – Partes por Millón. Consultado el 05 de setiembre de 2016. Disponible en: www.quimicas.net/2015/05/ejemplos-de-ppm-partes-por-millon.html

Ramos Ruiz R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino. Tesis. Doc. Alicante, España. Facultad de Ciencias – Universidad de Alicante. 350 p.

Randolfo Quevedo, E. (2012). Evaluación del efecto de tres dosis de ácidos húmicos sobre el rendimiento y la calidad de limón persa (*Citrus Latifolia*. Tan: Rutaceae), la Gomera, Escuintla. Lic. Agr. Escuintla. Universidad Rafael Landívar. 95 p.

Rojas, M. y Ramírez, H. 1993. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Fisiología – tecnología de experimentación. 2 ed. Edit. Limusa, S.A. 263p.

Sánchez Vega, I; Sánchez Rojas, A. 2012. La Diversidad Biológica de Cajamarca: Determinación del potencial de la Biodiversidad Regional de Cajamarca. Cajamarca – Perú. Gobierno Regional de Cajamarca. 208 p. (primera edición).

Steel, R. G; Torrie, J. H. 1985. Bioestadística: principios y procedimientos. Trad. Martínez, R. 1 ed. Colombia, Bogotá., Edit. Mc GRAW-HILL LATINOAMERICANA, S.A. 619 p.

Serrano Albir, J. 2016. Manipulación de plaguicidas. Consultado el 01 de diciembre del 2016. Disponible en: <https://manipulacionplaguicidas.wordpress.com/2010/01/22/dosificacion-de-plaguicidas/>

Vásquez Vásquez, P. 2012. Efectividad de sustancias húmicas de leonardita en la calidad de plántula de melón (*Cucumis melo* L.). Tes, Ing. Agr. Coahuila – México. Departamento Ciencias del Suelo – UAA Antonio Narro. 64 p.

Zamora Vaca, F. (2014). Evaluación del efecto a la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Itálica). Tesis. Ing. Agr. Ambato, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato.83 p.

ANEXOS

ANEXO 01. Tablas de datos originales y datos transformados

Tabla 15. Número de brotes (datos originales).

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	3	4	5	5	17
II	2	4	5	6	17
III	3	4	6	5	18
Total	8	12	16	16	52
Prom.	2.67	4	5.33	5.33	4.33

Tabla 16. Número de brotes (Datos transformados con $Y = \sqrt{X}$).

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	1.732	2	2.236	2.236	8.204
II	1.414	2	2.236	2.449	8.100
III	1.732	2	2.449	2.236	8.418
Total	4.878	6	6.922	6.922	24.722
Prom.	1.626	2	2.307	2.307	2.060

Tabla 17. Número de hojas (datos originales).

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	3	4	11	14	32
II	2	4	10	13	29
III	2	3	9	12	26
Total	7	11	30	39	87
Prom.	2.33	3.67	10.00	13.00	7.25

Tabla 18. Número de hojas (Datos transformados con $Y = \sqrt{X}$).

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	1.732	2	3.317	3.742	10.790
II	1.414	2	3.162	3.606	10.182
III	1.414	1.732	3.000	3.464	9.610
Total	4.560	5.732	9.479	10.811	30.583
Prom.	1.520	1.911	3.160	3.604	2.549

Tabla 19. Porcentaje de supervivencia (datos originales).

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	88.88	100	100	100	388.88
II	77.77	100	100	100	377.77
III	77.77	100	100	100	377.77
Total	244.42	300	300	300	1144.4
Prom.	81.47	100.00	100.00	100.00	95.37

Tabla 20. Porcentaje de supervivencia (Datos transformados con $Y = \sqrt{P}$).

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	9.43	10	10	10	39.428
II	8.82	10	10	10	38.819
III	8.82	10	10	10	38.819
Total	27.07	30	30	30	117.07
Prom.	9.02	10.00	10.00	10.00	9.76

Tabla 21. Número de estacas vivas (datos originales).

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	8	8	1	2	19
II	7	7	2	1	17
III	7	6	3	1	17
Total	22	21	6	4	53
Prom.	7.33	7	2.00	1.33	4.42

Tabla 22. Número de estacas vivas (Datos transformados con $Y = \sqrt{X}$).

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	2.828	2.828	1.000	1.414	8.071
II	2.646	2.646	1.414	1.000	7.706
III	2.646	2.449	1.732	1.000	7.827
Total	8.120	7.924	4.146	3.414	23.604
Prom.	2.707	2.641	1.382	1.138	1.967

Tabla 23. Número de raíces por estaca (datos originales).

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	0	3	5	7	15
II	0	0	6	8	14
III	0	2	7	8	17
Total	0	5	18	23	46
Prom.	0.00	1.67	6.00	7.67	3.83

Tabla 24. Número de raíces por estaca (Datos transformados con $Y = \sqrt{X}$).

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	0	1.73	2.24	2.65	6.61
II	0	0	2.45	2.83	5.28
III	0	1.41	2.65	2.83	6.89
Total	0	3.15	7.33	8.30	18.78
Prom.	0	1.05	2.44	2.77	1.57

Tabla 25. Longitud de raíces

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	0	1.5	8.83	14.2	24.53
II	0	1.5	10.1	12.97	24.57
III	0	2.5	9.62	13.7	25.82
Total	0	5.5	28.55	40.87	74.92
Prom.	0.00	1.83	9.52	13.62	6.24

Tabla 26. Porcentaje de enraizamiento (Datos originales)

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	0	22.22	66.67	77.78	166.67
II	0	22.22	77.78	88.89	188.89
III	0	33.33	66.67	77.78	177.78
Total	0	77.77	211.12	244.45	533.34
Prom.	0.00	25.92	70.37	81.48	44.45

Tabla 27. Porcentaje de enraizamiento (Datos transformado con

$$Y = \text{Arcosen}\sqrt{(P\%)}$$

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	0	28.124	54.738	61.876	144.738
II	0	28.124	61.876	70.529	160.529
III	0	35.262	54.738	61.876	151.876
Total	0	91.51	171.352	194.281	457.143
Prom.	0.00	30.50	57.12	64.76	38.10

Tabla 28. Número de estacas que enraizaron (Datos transformados con

$$Y = \sqrt{X}).$$

Bloque	Tratamiento (Ácido húmico)				Total bloques
	0 ppm	100 ppm	200 ppm	300 ppm	
I	0	1.41	2.45	2.65	7
II	0	1.41	2.65	2.83	7
III	0	1.73	2.45	2.65	7
Total	0	4.56	8	8	20
Prom.	0	1.52	2.51	2.71	2

ANEXO 02: Cálculo para las dosis de ácido húmico en partes por millón

La fórmula utilizada es:

$$\text{Partes por millon (ppm)} = \frac{\text{peso de la sustancia analizada}}{\text{peso total}} \times 1000000$$

1) Para calcular el peso total se utilizó la fórmula:

$$\text{Peso} = v \times d$$

Entonces por regla de 3 simple: $\text{Peso} = 1L \times 1160g/L$

$$\text{Peso} = 1160g$$

Como los ácidos húmicos no son netamente puros, se tuvo que calcular la masa según su porcentaje de contenido en el frasco.

$$1160g - 100\%$$

$$x - 26.8\%$$

$$x = 310.88g$$

2) Posteriormente se calculó los ppm

$$\text{Partes por millon (ppm)} = \frac{310.88}{1000ml} \times 1000000$$

$$\text{Partes por millon (ppm)} = 310880$$

Entonces por medio de regla de 3 simple:

$$1L - 310880ppm$$

$$x - 100 ppm$$

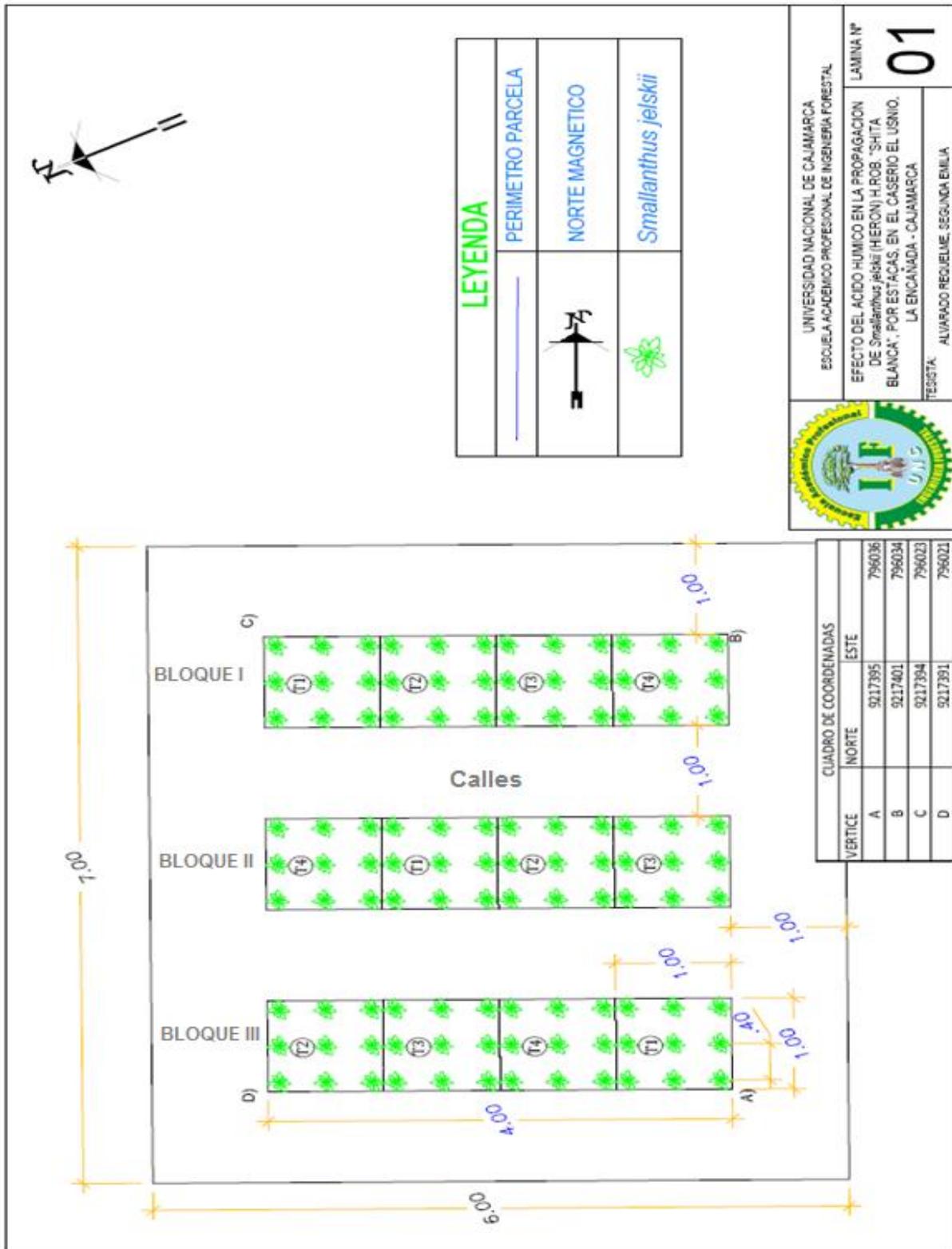
$$x = 0.3217 ml$$

Por lo tanto para: 100 ppm = 0.3217 ml

$$200 ppm = 0.64 ml$$

$$300 ppm = 0.95 ml$$

ANEXO 03: Croquis de la parcela experimental



ANEXO 04: Panel fotográfico del trabajo realizado para el proyecto de investigación



Figura N° 09: Delimitación del área donde se construyeron las platabandas



Figura N° 10: Construcción de las platabandas



Figura N° 11: Recolección del material vegetal (estacas de *Smalanthus jelskii*)



Figura N° 12: Inmersión de las estacas en cada solución del ácido húmico



Figura N° 13: Instalación de las estacas



Figura 14: Protección de las platabandas con el tinglado de fierro y malla



Figura 15: Riego de las estacas



Figura 16: Evaluación final – extracción de las estacas



Figura 17: Estacas de *Smilanthus jelskii* - tratamiento 1 o testigo



Figura 18: Estacas de *Smilanthus jelskii* - tratamiento 2



Figura 19: Estacas de *Smilax jelskii* - tratamiento 3



Figura 20: Estacas de *Smilax jelskii* - tratamiento 4



Figura 21: Medida de las longitudes de las raíces