

EVALUACION DEL EFECTO DE TRES FITOREGULADORES EN EL
ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO.

LAURA MARIA PANTOJA GOMEZ
TANIA ALEJANDRA CHECA LOPEZ

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
INGENIERIA AGRONOMICA
SANJUAN DE PASTO
2012

EVALUACION DEL EFECTO DE TRES FITOREGULADORES EN EL
ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO.

LAURA MARIA PANTOJA GOMEZ
TANIA ALEJANDRA CHECA LOPEZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de
INGENIERO AGRONOMO

Presidente de tesis
GERMÁN CHAVES JURADO I.A. Esp. M. Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
INGENIERIA AGRONOMICA
SANJUAN DE PASTO
2012

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva del autor”

“Artículo 1º del acuerdo número 324 del 11 de octubre de 1966 emanado del Honorable Consejo Superior de la Universidad de Nariño”

Nota de aceptación

Germán Chaves Jurado I.A. Esp. M. Sc.
Presidente de Tesis

Néstor Angulo Ramos I.A.
Jurado Delegado

Carlos A. Benavides Cardona I.A. M. Sc.
Jurado

San Juan de Pasto, Agosto 2012

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCION.....	8
MATERIALES Y METODOS.....	11
RESULTADOS Y DISCUSION	14
CONCLUSION	21
RECOMENDACION	21
AGRADECIMIENTOS.....	21
BIBLIOGRAFIA	22
CIBERGRAFIA	24

EVALUACION DEL EFECTO DE TRES FITOREGULADORES EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.¹

EVALUATION OF THE EFFECT OF THREE PHYTOREGULATORS IN THE ROOTING OF THE CUTTINGAS OF *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff UNDER GREENHOUSE CONDITIONS.¹

Laura María Pantoja Gómez²

Tania Alejandra Checa López²

Germán Chaves Jurado³

RESUMEN

Cephalocereus senilis (How) Pfeiff, cactaceae de origen mexicano, presenta un alto valor comercial por el gran atractivo que posee, sin embargo su comercialización se ve limitada por la dificultad que presenta al momento de propagarse. Con el objetivo de contribuir al conocimiento de uno de los métodos de propagación vegetativa como sistema de reproducción de esta especie, se estimuló la formación de esquejes, los cuales fueron sometidos a diferentes concentraciones de fitoreguladores bajo condiciones de invernadero. En el estudio del proceso de enraizamiento se utilizó un diseño irrestrictamente al azar con arreglo bifactorial (DIA), donde se evaluó los tratamientos: ácido indolacético, ácido naftalenacético y ácido giberélico en concentraciones de 0, 400, 500 y 600 ppm, se realizaron observaciones durante 130 días y se determinó el comportamiento de los tratamientos frente a las variables: porcentaje de mortalidad, días a cicatrización y formación del callo, días a formación de raíces, número de raíces, longitud de raíces y porcentaje de sobrevivencia. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para días a cicatrización, días a formación de raíces, número de raíces y longitud de raíces,

1) Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. 2012

2) Estudiantes programa de Ingeniería Agronómica. Universidad de Nariño. Pasto. Colombia.
Tania—chqta@hotmail.com; lauramaria9101@hotmail.com

3) I.A. Esp. M. Sc. Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.
Pasto Colombia. g-ch-j@hotmail.com

lo cual permitió deducir que a una concentración de 500 ppm en inmersión en ácido indolacético los esquejes presentaron una óptima respuesta.

PALABRAS CLAVES: Fitohormonas, Raíz, Propagación Vegetativa, Cactaceae.

ABSTRACT

Cephalocereus senilis (How) Pfeiff, cactaceae of Mexican origin, shows a high commercial value by the great attractive one possessing, however their marketing is constrained by the difficulty at the time of spread. With the aim of contributing to the knowledge of the vegetative propagation as a system of reproduction of this species, stimulated the formation of cuttings, which were subjected to different concentrations of fitoreguladores under greenhouse conditions. The study of the process of rooting was used in a design unreservedly randomly (DIA), which was evaluated treatments: indolacetic acid, naphthaleneacetic acid and gibberelic acid in concentrations of 0, 400, 500 and 600 ppm. Observations was carried out during 130 days, determining the behavior of treatments with variables as a percentage of mortality, days to healing and callus formation, days to roots formation, number of roots, root length and percentage of adaptability. The results showed highly significant differences ($p \leq 0,05$) in the days to healing, days to roots formation, number of roots and root length, which allowed deduce that a concentration of 500 ppm in immersion in acid indolacético in a period of 24 h the cuttings presented an optimal response.

KEY WORDS: Phytohormones, Root, Vegetative Propagation, Cactaceae

INTRODUCCION

Nobel y Loik 1999, afirman que la distribución de las cactáceas en el continente americano es muy variada en cuanto a géneros y especies, distribuyéndose de norte a sur, concentrándose en las zonas costeras de los Andes hasta 5000 m.s.n.m o en los desiertos de México, Perú y Chile entre los 1100 y 1500 m.s.n.m. México, cuna de los agaves (*Agave spp*) tiene un clima particularmente favorable para el desarrollo de la familia cactácea. Los mismos autores aseguran que las especies de dicha familia se distribuyen principalmente en ambientes áridos y semiáridos y presentan hábitos y estructuras altamente especializadas que les dan una fisionomía particular, tales características, han sido consideradas como adaptaciones morfológicas a la sequía y temperaturas extremas de los desiertos. Entre las características de adaptación más notables se incluye el tallo suculento, espinas, pubescencia apical (cefalio o pseudocefalio), orientación e inclinación de las estructuras reproductivas y vegetativas (tallos, flores, ramas, etc.), (Martin, 2000).

Cephalocereus senilis (How) Pfeiff, habita en un clima semicalido y semiseco templado con una precipitación anual de 500 mm y una temperatura promedio entre 14-16°C (Hernandez, 1994). El estado Mexicano promueve investigaciones para su conservación, ya que por su valor económico es altamente comercializable y su singular forma la convierte en una planta atractiva para los coleccionistas hasta convertirla en endémica, en su región de origen. Su valor oscila entre 10-20 euros cuando su tamaño es 15cm (Meyran *et al*, 2000). Ciertas variedades mexicanas se cotizan en el extranjero en más de 100 dólares cada ejemplar. Los floricultores suelen pagar 10 dólares por una decena de semillas de cactus mexicanos. Por lo general la apariencia exótica de las cactáceas resulta ser un atractivo especial (Lugo, 2010).

En Colombia la producción de cactus ornamentales, en especial de *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff, está limitado a pocos fitocultores, quienes por su gran simpatía por los cactus se dedican a su mantenimiento y comercialización, mediante la adquisición de ejemplares provenientes de otros países utilizados como plantas madres en la propagación vegetativa o

con la compra de semillas importadas, intentando fomentar en la comunidad el interés por esas singulares plantas.

Un número significativo de cactáceas, se ha incluido en listados de plantas amenazadas y ha puesto a muchas especies al punto de la extinción como en el caso de *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff, planta ornamental, que por sus características morfológicas particulares de cerdas blancas que le dan la apariencia de la cabeza de un anciano la hacen vulnerable, pues coleccionistas, por poseer un ejemplar de estos, son capaces de pagar grandes cantidades de dinero, “obligando” a los pobladores de las zonas donde se desarrollan y a la comunidad en general, a extraerlas de su medio natural para su venta ilegal, sumándole a esto la destrucción de su hábitat (Flores, 2008). Para evitar la pérdida de estas plantas, es importante fomentar su propagación vegetativa, implementando nuevos métodos que aceleren procesos fisiológicos que permitan su rápido desarrollo. Una alternativa en la agricultura actual es la implementación de fitoreguladores conocidos como hormonas vegetales que contribuyen al rápido desarrollo de diferentes cultivos.

En la mayoría de los cactus la multiplicación sexual es poco viable, por ser plantas autoestériles, es por eso que la flor solo producirá semillas si ha sido polinizada con el polen de otro cactus de la misma especie, condición que restringe la producción ya que se debe tener como mínimo 2 plantas: una servirá como donadora y la otra como receptora del polen (Becherer, 2004). La cosecha no es sencilla, por que los frutos se ocultan generalmente sobre la planta en sitios inaccesibles y además, esta cactácea no llega a florecer en nuestros climas por condiciones inadecuadas en su medio de cultivo o bien sus semillas tienen la característica de ser estériles. Las semillas de *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff, se siembran recién colectadas y necesitan para su germinación una temperatura y luz constante, aun así su porcentaje de germinación es inferior al 57% (Bravo-Hollis, 1978).

Adicionalmente, se busca preservar esta especie fomentando nuevos métodos de propagación y respaldando así el Tratado de Washington sobre el comercio internacional de

especies de fauna y flora salvajes en peligro de extinción, firmado por Colombia el 3 de marzo de 1973; I enmienda: 22 de junio de 1979; II enmienda: 30 de abril de 1983 y aprobado posteriormente por la ley 17 de 1981, el cual exige a los países firmantes recoger a las especies que si bien en la actualidad no se encuentran en peligro de extinción, podrían llegar a esta situación a menos que se regule estrictamente su comercio (todos los primates, focas, 300 especies de reptiles, algunas ranas, todos los psitaciformes, mariposas, corales, cactus, orquídeas) (Ministerio del Medio Ambiente, 2011). Además, conocer y aprovechar racionalmente los recursos mediante el estudio científico y tecnológico, es una de las prioridades para cualquier nación en desarrollo (Martínez, 2002).

Identificando el problema que presenta *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff en su sistema de reproducción, al requerir por lo menos 6 años para llegar a la etapa adulta y formar semillas, resultando pocas de ellas fértiles, las cuales deben ser sembradas y cultivadas sin muchas veces tener éxito en estos procesos. Mediante este método se obtiene un reducido número de cactus listos para comercializar lo cual toma mucho tiempo, es conveniente entonces, reducir el periodo de desarrollo implementando nuevas técnicas de propagación que agilicen la obtención de material vegetal, una alternativa sería la adopción del sistema de propagación vegetativa el cual es un medio para obtener plantas que no tienen flores o que dan flores estériles, este tipo de reproducción permite obtener una planta idéntica a si misma un gran número de veces, disminuyendo el tiempo empleado en el crecimiento (Hewitt, 1996).

Al afectar la parte apical de la planta en mención esta busca continuar con su crecimiento longitudinal por lo cual se induce a la formación de brotes como respuesta al daño causado. Los esquejes son partes terminales o brotes laterales, los cuales al ser separados de la planta madre son inducidos posteriormente en un proceso de enraizamiento (Becherer, 2004). La utilización e implementación de técnicas como esquejes en asocio con fitoreguladores permite cultivar distintos tipos de plantas de interés comercial para el productor y el consumidor.

Las hormonas como auxinas y giberelinas son compuestos naturales y sintéticos que influyen en procesos metabólicos y fisiológicos de la planta incrementando en ella la producción de diferentes enzimas, además la aplicación exógena directa de los reguladores de crecimiento puede estimular o inhibir la elongación radicular, el crecimiento del tallo, la división celular, la formación del sistema radicular, la diferenciación del sistema vascular, la dominancia apical, el retraso en la senescencia, la promoción de la floración así como la maduración de frutos; sin embargo, una variación en las concentraciones puede provocar un efecto desfavorable como la inhibición del crecimiento y malformaciones a nivel celular (Larque - Saavedra. 1993). El ácido indolacético y el ácido naftalenacético son auxinas producidas en los ápices de las plantas como reguladoras de la elongación celular y las giberelinas aceleran la formación de células, la prolongación de brotes y pueden promover la germinación de semillas (Weaver, 1987).

La aplicación de fitoreguladores con fines de propagación y conservación representa una alternativa factible en cactáceas, aunque se requiere de una investigación minuciosa para cada especie en particular (Seemann, *et. al*, 2007). El objetivo de esta investigación es contribuir al conocimiento de la propagación vegetativa como sistema de reproducción de *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff., evaluando en efecto de tres fitoreguladores a cuatro concentraciones en el proceso de enraizamiento de esquejes.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en un invernadero ubicado en el barrio el Rosario, municipio de Pasto, situado en el suroeste del departamento de Nariño, Colombia. Longitud 67° 15' 35.7" latitud 1° 11' 18.66" (nationsonline.org). Esta zona tiene una temperatura aproximada de 14°C, una altitud de 2639 msnm y una precipitación promedio anual de 790 mm (IDEAM, 2011). Este invernadero cubre un área total de 500 m², está cubierto por plástico transparente con tratamiento U.V., calibre 6 y una poli sombra de 65% de luz, el perímetro está protegido por una tela verde de polipropileno de 2 mts de alto, la temperatura interna

del invernadero es 18°C en el día y el noche 10°C. Las evaluaciones fueron realizadas durante 130 días para cada uno de los parámetros.

- **Preparación de fitoreguladores:** Se prepararon soluciones concentradas de fitoreguladores a partir de reactivos puros a una concentración de 600 ppm para luego diluirlas según los tratamientos hasta 500 y 400 ppm. La concentración de 500 ppm se tomó como referencia, según las recomendaciones de Alpi y Tognoni (1991) quienes sugieren utilizar un rango de 100 a 1000 ppm del fitoregulador cuando este es aplicado a esquejes en inmersión, razón por la cual se toma un valor que se encuentre en el punto central y un valor superior e inferior para disminuir el error. Estas soluciones se guardaron en nevera a 4°C, en recipientes de plástico color ámbar hasta el momento de ser utilizadas.

- **Material vegetal:** En las instalaciones del invernadero se seleccionaron plantas adultas de *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff escogidas por su uniformidad morfológica, con una altura promedio de 30 cm, sin evidencias de deficiencias nutricionales y libres de patógenos. Se realizó un corte en la zona terminal de las plantas madres para eliminar la dominancia apical e inducir la formación de brotes laterales, el que se desinfectó con Captan con dosis de 2gr/100 cm³.

Una vez formados los brotes, se seleccionaron aquellos que presentaban mejores características, morfológicas, fisiológicas y de sanidad, con un buen tamaño y buena apariencia visual. Los esquejes se colectaron de forma mecánica desprendiéndolos de la planta madre, inmediatamente se introdujeron en un recipiente en el que se encontraba el fitoregulador en la concentración asignada para cada tratamiento y permanecieron por un periodo de 24 horas, sugerido por Oliva (2005). Luego los esquejes se retiraron de la solución y se desinfectaron con Captan a una dosis de 2 gr / 100 cm³ de agua, como práctica sanitaria para prevenir daños causados por la exposición al ambiente. Posteriormente se dejaron expuestos al ambiente para que se inicie un proceso de deshidratación y como consecuencia el brote extraído de la planta madre inició la formación de raíces.

- **Diseño Experimental:** Para evaluar el efecto de los fitoreguladores y sus concentraciones en el enraizamiento de esquejes de *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff se utilizo un diseño irrestrictamente al azar (DIA), con arreglo bifactorial, donde el factor A correspondió a los Fitoreguladores (Acido indolacético, ácido naftalenacético, ácido giberélico) y el factor B a las concentraciones (0 - 400 – 500 -600 ppm).Se establecieron 12 tratamientos con 3 repeticiones. Cada unidad experimental estuvo representada por 2 esquejes.

Los Fitoreguladores y concentraciones que se utilizaron como tratamientos en la propagación de *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff fueron:

Tratamiento 1: Acido Indolacético a 0 ppm

Tratamiento 2: Acido Indolacético a 400 ppm

Tratamiento 3: Acido Indolacético a 500 ppm

Tratamiento 4: Acido Indolacético a 600 ppm

Tratamiento 5: Acido Naftalenacético a 0 ppm

Tratamiento 6: Acido Naftalenacético a 400 ppm

Tratamiento 7: Acido Naftalenacético a 500 ppm

Tratamiento 8: Acido Naftalenacético a 600 ppm

Tratamiento 9: Acido Giberélico a 0 ppm

Tratamiento 10: Acido Giberélico a 400 ppm

Tratamiento 11: Acido Giberélico a 500 ppm

Tratamiento 12: Acido Giberélico a 600 ppm

- **Variables a Evaluar:**

- Porcentaje de mortalidad: Se determinó el número de esquejes que son afectados negativamente y mueren a causa del tratamiento por otros factores exógenos que puedan inferir en la investigación.

- Días a formación del callo: una vez sometidos al tratamiento asignado y ubicados en el invernadero se evaluó por observación visual todos los días hasta que inicie la formación del callo.
- Días a formación de raíces: Después de ser retiradas las unidades experimentales del contacto con el fitoregulador y haber evaluado la presencia del callo se procedió a contabilizar el tiempo de aparición de las primeras raíces
- Longitud de raíces: después de la aparición de las primeras raíces, se realizó mediciones con un patrón métrico en cada una de las unidades experimentales para así determinar la longitud en mm que alcanzaron las raíces de los esquejes.
- Número de Raíces: simultáneamente a la medición de raíces se determinó el número de raíces que aparecieron en cada uno de los esquejes.
- Porcentaje de sobrevivencia: Después de realizar las anteriores evaluaciones, se procedió a la siembra de los esquejes, en un suelo arenoso, seco; pasados 15 días se aplicó el primer riego y después de otros 15 días se evaluó el porcentaje de adaptabilidad a este nuevo medio, tomando como parámetro el porcentaje de sobrevivencia.

Los datos obtenidos se analizaron mediante un Análisis de Varianza y una Prueba de Comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia del 0.05 % con el Programa Estadístico InfoStat (2011, versión libre).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se observa que existen diferencias significativas al nivel del 95 % de probabilidad para los factores de variación en las variables: Numero de días a formación de callo, número de días a formación de raíces, número de raíces y longitud de raíces cuando se evalúan las interacciones entre el fitoregulador y la concentración. No se presento diferencias significativas para las variables porcentaje de mortalidad y sobrevivencia.

Tabla1: Cuadrados medios de los tratamientos, para las variables Porcentaje de Mortalidad, Formación de callo en Numero de Días, Formación de Raíces en Numero de Días, Numero de Raíces, Longitud de Raíces en milímetros y Porcentaje de sobrevivencia en la Evaluación de la Propagación de *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff.

Fuente de variación	Mortalidad %	Formación de callo (Días)	Formación raíces (Días)	Raíces (Numero)	Longitud raíces (mm)	Sobrevivencia %
Fitoregulador	0.11 NS	1025.03*	419.44	7.53*	44.19*	0.36 NS
Concentración	0.63 NS	20.77	4069.44*	17.44*	89.59*	0.47 NS
Fito x Concen	0.19 NS	149.10*	1419.44*	8.16*	41.01*	0.36 NS
Error	0.22	36.22	161.81	1.25	2.92	0.19
Cof. Variación	29.26	25.76	11.59	15.27	12.10	28.86

*Diferencias estadísticas significativas al 95%.

- **Porcentaje de mortalidad**

Se determinó el número de esquejes que fueron afectados negativamente y murieron a causa de la inmersión, sin que estos resultados presenten diferencias significativas (Tabla 1), este aspecto fue positivo para efectos de la investigación ya que se conto con un buen número de individuos en estudio. Los individuos que murieron fueron en mayor número los correspondientes al tratamiento con agua es decir 0 ppm de Acido Indolacético, Acido Giberélico y Acido Naftalenacético, esto se debe probablemente a que desde un punto de vista físico, el crecimiento radicular depende en gran medida del agua y el potencial de presión en el interior de las células que proporciona la fuerza necesaria para la elongación celular (Grees, 1968).

- **Días a Formación del Callo**

Con base en los cuadrados medios obtenidos en el Análisis de Varianza se observa un efecto del fitoregulador y de la interacción de este por la concentración sobre la formación de callo en los esquejes (Tabla 1), obteniendo un mejor resultado con el ácido naftalenacético, el cual a los 8 días a concentraciones de 500 y 600 ppm presenta formación de callo (Tabla 2).

En la formación de raíces al morir las células externas lesionadas, se forma una placa necrótica que sella la herida con suberina, luego las células que están detrás de esta placa empiezan a dividirse y a formar una capa de células del parénquima conocido como callo, el cual corresponde a una masa irregular de células parénquimáticas en varios estados de lignificación, originándose principalmente de células jóvenes en la base de un esqueje en la región del cambium vascular (Hartmann y Kester, 1998).

Este resultado se puede atribuir a que el ácido naftalenacético como inductor de división celular incrementa la tasa de desarrollo en la cual los azúcares son descargados dentro del floema para su almacenamiento en el parénquima y promueven el transporte xilemático incrementando el desarrollo del callo (Vargas *et al.*, 1999). Se puede destacar que concentraciones mayores de esta auxina, activan procesos bioquímicos al interior del individuo, por lo cual se recomienda evaluar en rangos de mayores concentraciones (Larque - Saavedra. 1993).

Se ha probado que en la mayoría de plantas la formación de callo es independiente de la formación de raíces adventicias y si ocurren simultáneamente es debido a que ambos están condicionados por los mismos factores ambientales que los rodean. (Cordero, 2000).

Tabla 2: Prueba de Tukey para las interacciones en las variables Formación de callo en número de días, Formación de Raíces en numero de dias, Numero de Raíces, Longitud de Raíces en milímetros (LR) en la Evaluación de la Propagación de *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff.

Concentraciones (ppm)	Formación de callo (Días)	Formación de raíces (Días)	Raíces (Numero)	Longitud raíces (mm)
Naftalenacético				
0	26.67 bc	120.00 c	1.33 b	2.00 bc
400	17.67 ab	120.00 c	2.00 b	2.00 bc
500	8.00 a	53.33 a	3.67 b	6.67 b
600	8.00 a	120.00 c	1.67 b	2.00 bc
Indolacético				
0	20.00 abc	130.00 c	1.00 b	1.00 c
400	23.33 abc	130.00 c	1.33 b	1.67 bc
500	23.33 abc	63.33 ab	7.67 a	16.00 a
600	20.00 abc	120.00 c	1.67 b	2.33 bc
Giberélico				
0	26.67 bc	110.00 c	1.67 b	1.67 bc
400	33.33 bc	130.00 c	1.00 b	1.00 c
500	36.67 c	120.00 c	1.33 b	1.33 c
600	36.67 c	100.00 bc	1.33 b	1.67 bc
D.M.S	17.71789	37.44735	3.29139	

* Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

- **Días a formación de raíces adventicias**

El Acido Naftalenacético y el Acido Indolacético en concentraciones de 500 ppm (Tabla 2), presentaron el menor tiempo en el proceso de formación de raíces con 53,33 y 63,33 días respectivamente sin diferencias significativas. Sobresale el tratamiento con acido Naftalenacético a 500 ppm que supero significativamente al 83% de los tratamientos.

En el ácido giberélico a 600, 500 y 400ppm, el ácido indolacético a 600 y 400 ppm y en el ácido naftalenacético a 600 y 400 ppm el numero de días para formación de raíces es similar a días presentados por los testigos lo cual indica que estos fitoreguladores en dichas concentraciones no presentan efecto (Tabla 2). Lo anterior se debe probablemente a que las giberelinas son hormonas que aunque regulan el crecimiento vegetal en procesos metabólicos, promueven la regulación enzimática en la germinación, (Rojas y Ramirez, 1993) incrementan la división y elongación celular (Weaver, 1987) no inducen la diferenciación de tejidos, retrasando la activación de los procesos bioquímicos para la emisión de raíces.

La formación de raíces adventicias en esquejes es una respuesta al corte realizado para obtenerlo donde se lesionan las células de la superficie quedando expuestos los haces del xilema. Consecuentemente, se produce la cicatrización y regeneración de la siguiente manera: Al morir las células externas lesionadas generan un proceso de suberificación y taponamiento del xilema para evitar la desecación; posteriormente las células vivas ubicadas debajo de esta placa de corcho empiezan a dividirse y forman el callo; la formación de raíces adventicias empieza a ocurrir en ciertas células próximas al cambium vascular y al floema (Davies, 2000). La auxina natural o aplicada artificialmente, es un requerimiento para la iniciación de raíces adventicias en estacas de tallo y se ha demostrado que la división de las células iniciadoras de la raíz dependen de la auxina, ya sea exógena o endógena (Hartmann y Kester 1998).

Con relación al grupo de las auxinas, el ácido indolacético y el ácido naftalenacético a pesar de pertenecer a una misma clasificación, difieren en su efecto sobre los esquejes (Tabla 2), porque la respuesta del fitoregulador depende ampliamente de la variedad de la hormona, de la concentración y del tiempo de aplicación (Bonfil, *et al* 2007). Se concluye que las auxinas al ser empleadas a una concentración de 500 ppm actúan favorablemente (Tabla 2). Afirmación respaldada por Leopold y Kriedemann 1975, quienes afirman que por acción de las auxinas se aumentan las tasas de crecimiento y la diferenciación de tejidos promoviendo la formación de células radicales

- **Numero de raíces**

La tabla de cuadrados medios (Tabla 1) para el número de raíces muestra diferencias significativas entre fitoreguladores, concentraciones y las interacciones de estos. La prueba de comparación de medias de Tukey para los resultados de las interacciones resalta al ácido indolacético a 500 ppm como el mejor, el resto de los tratamientos presentan un efecto similar entre ellos sin generar diferencias estadísticas (Tabla 2).

El número de raíces aumentó significativamente cuando se utilizó ácido indolacético a 500 ppm, y según afirmación Weaver (1987), el uso de auxinas promueve eficazmente el porcentaje de enraizamiento, la formación de raíces y eleva el número y calidad de las mismas; también asegura que la concentración óptima de auxinas depende de la especie y el tipo de tejido, de lo que se concluye que en las cactáceas hay una asimilación eficaz de hormonas, cuando estas se encuentran en contacto con el esqueje a una concentración de 500ppm.

El AIA es una auxina muy utilizada en la etapa de enraizamiento, debido a su característica de promotor de la formación de brotes radiculares aumentando la concentración de sacarosa produciendo un estrés fisiológico causado por el desequilibrio en el balance osmótico, dicho estrés genera la señal para la formación de nuevos brotes radiculares (Moriconi *et al.* 1991)

- **Longitud de raíces (mm)**

En la tabla de cuadrados medios (Tabla 1) se observa un efecto positivo sobre la longitud de raíces, causado por la acción del fitoregulador, la concentración y la interacción de estos. En la prueba de Tukey la mejor combinación es ácido indolacético a 500 ppm (Tabla 2).

El resultado concuerda con lo planteado por Mroginsk y Roca (1991) quienes afirman que las auxinas contribuyen a la elongación celular, tienen como función biológica la expansión de las células y promover el ensanchamiento de las paredes celulares en la división celular.

Por su parte Devlin (1970) plantea que estos compuestos se caracterizan por inducir el alargamiento de las células del brote.

- **Porcentaje de sobrevivencia**

El número de individuos que sobrevivieron a las condiciones naturales y propias para el cultivo de esta especie fue alto para todos los tratamientos sin presentar diferencias estadísticas significativas, indicando una reacción óptima de los esquejes con respecto a los fitoreguladores y sus concentraciones. Sin embargo, la heterogeneidad del sistema radicular de cada individuo evaluado, será determinante teniendo en cuenta el óptimo establecimiento de la planta a medida que esta crezca y se desarrolle manifestando todo su potencial genético, morfológico y biológico. Esquejes con menor número de raíces y de corta longitud presentaran mayores problemas de prendimiento debido a la baja capacidad de absorción de agua y elementos minerales así como la posibilidad de un mejor anclaje y distribución de su arquitectura radical sobre el sustrato

CONCLUSION

Se determinó que el Acido Indolacético a pesar de no ser el que menor tiempo en formación de callo presenta, si es el mejor fitoregulador al momento de promover la formación de un sistema radicular, consiguiendo en menor tiempo, mayor numero de raíces y un incremento en la longitud de las mismas cuando se encuentra a una concentración de 500 ppm en el enraizamiento de esquejes de *Cephalocereus senilis* (How) Pfeiff.

RECOMENDACION

Continuar con el estudio del efecto de los fitoreguladores sobre esta especie, variando en los rangos de concentración de las hormonas, en los periodos de inmersión de los esquejes y los mecanismos de contacto entre estos dos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Vivero Flores de Nariño y a sus propietarios los economistas Oscar Eduardo Pantoja Timaran y Carmen Alicia Gómez Zuñiga, a los profesores Germán Chaves Jurado. M.Sc., Marino Rodriguez. I.A, Carlos Andrés Benavides Cardona. M.Sc., Néstor Angulo Ramos. I.A., al zootecnista Jairo España, a la Universidad de Nariño, a la Facultad de Ciencias Agrícolas y a aquellas personas que con sus aportes, consejos, criticas y expectativas contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- ALPI, A. y TOGNONI, F. 1991. Cultivo en invernadero. Edigrafos S.A. Madrid. España. 266p.
- BECHERER, F. 2004. Cactus así serán mas hermosos. Edit. Everest S.A. Madrid. España.
- BONFIL, C., MENDOZA, P., y ULLOA, J. 2007. Enraizamiento y formación de callos en estacas de 7 especies del genero *Bursera*. Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Facultad de ciencias. Universidad Nacional Automa de Mexico. 7p.
- BRAVO – HOLLIS, H. 1978. Las cactáceas de México. Vol I. Universidad Nacional Autónoma de México. México .D.F. Pág. 9,23-25 y 39-59
- CORDERO, C. 2000. Propagacion vegetativa de *Leptocarpha rivularis* DC., especie nativa de uso medicinal. Taller de licenciatura. Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso. Facultad de Agronomía, Quillota, Chile.50p.
- DAVIES, F. 2000. Aspectos fisiológicos en la formación de raíces. Departamento de Horticultura. Universidad Agraria La Molina. Lima. Perú. 1-15 p.
- DEVLIN, R. 1970. Fisiología Vegetal. Trad por Xavier Llimona. Barcelona, Omega. 172 p.
- FLORES, A. 2008. Feria de las Ciencias Biológicas. II Edición. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. Pág. 35-36
- GREES, P.B. 1968. Growth physics in *Nitella* sp: a method for continuous *in vivo* analysis on extensibility based on a micromanometer technique for turgor pressure. *Plant Physiol.* 34p
- HARTMANN, H. Y KESTER, D. 1998. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. Segunda Edición. Compañía Editorial Continental, S y A. de C.V. México. 760 p.
- HERNÁNDEZ, H. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana.* Pág. 26-27

HEWITT, T. 1996. 101 Concejos prácticos para cactus y suculentas. Wydawnictwo wiedza Izycie. Polonia.

LARQUE-SAAVEDRA, A. 1993. Fisiología Vegetal Experimental: aislamiento y cuantificación de los reguladores de crecimiento vegetal. Editorial Trillas. Pág. 30- 119

LEOPOLD, A.C. Y KRIEDEMANN, P.E. (1975). Plant growth and development. McGraw-Hill Inc., New York.

MARTIN M. 2000. Plantas suculentas. Montnegre. S.A. Barcelona. España. Pág. 7-30

MEYRAN, A.; GARCÍA, M y MARTÍNEZ, D. 2000. México lindo y sus cactus. México, UNAM, Iztacala. Órgano Informativo de la UNAM, Campus Iztacala 7(150):2.

MORICONI, D., BURBA, J. e IZQUIERDO, J. 1991. Manual de intercambio y propagación de germoplasma de ajo a través de microbulbillos. FAO/RLAC, Santiago de Chile. 45 p.

MROGINSK, L. y ROCA, W. 1991. Establecimiento de cultivo de tejidos vegetales in vitro. En Cultivo de tejidos en agricultura, fundamentos y aplicaciones. Ed. por William Roca; Luis Mroginski. Colombia, CIAT. p. 19-40.

NOBEL, P. S. y LOIK, M. E. 1999. Ecology of Sonoran Desert Plants and Plant Communities. The University of Arizona Press, Tucson. Arizona. Pág 143-163.

OLIVA, C. 2005. Efecto de fitoreguladores enraizantes y la temperatura en el enraizamiento de estacas de *Myrciaria dubia* (hbk) Mc Vaugh, camu camu arbustivo, en Ucayali-Perú. Pág. 12-13

ROJAS, M.G., RAMIREZ, H. 1993. Control hormonal del Desarrollo de las Plantas, Fisiología, Tecnología, Experimentación. Mexico, D.F. Limusa Noriega Editores. 496 p.

SEEMANN, P; RODRIGUEZ, C Y JARA, G. 2007. Cultivos *in vitro* de cactáceas con fines de conservación ex situ. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Simposio de horticultura ornamental. Pág. 36-37.

VARGAS S. *et. al.* 1999. Propagacion por estacas en hojas de icaco (*Chrysobalanus icaco* L.) y anatomía del enraizamiento. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. Pag 264-269

WEAVER, R.1987. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. 1 Ed. Trad. Por Agustín Contin. México, Editorial Trillas S.A. P. 147

CIBERGRAFIA

HERNÁNDEZ, R. 2007. Relaciones hídricas de las plantas. Botánica online. Consultado el 20 de agosto de 2010.

LUGO, G.2010.

http://www.cuautitlan.unam.mx/gaceta_comunidad/pdf_comunidad10/com25julio10.pdf

MARTINEZ, A.2002. Valoración de fitoreguladores sobre la activación de areolas laterales en Pitaya (*Stenocereus griseus*).Universidad Autónoma Metropolitana . México. <http://148.206.53.231/tesiuami/UAM2511.pdf>

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

www.minambiente.gov.co/Puerta/...ds.../TratadosConvenios.doc

[http:// www. Ideam. gov.co.](http://www.Ideam.gov.co)

http://www.nationsonline.org/oneworld/map/google_map_colombia.htm