

## EFFECTO DEL TIPO DE SUSTRATO Y EL ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO EN LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CIPRÉS ITALIANO (*Cupressus sempervirens* L.) cv STRICTA

### EFFECT OF GROWING MEDIA AND INDOLE-3-BUTYRIC ACID IN VEGETATIVE PROPAGATION OF ITALIAN CYPRESS (*Cupressus sempervirens* L.) cv STRICTA

Carlos Manuel Acosta-Durán<sup>1\*</sup>, Martín Roberto López-Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de producción agrícola, Facultad de Ciencias Agropecuarias; <sup>2</sup>Estudiante de Licenciatura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias; Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av Universidad 1001, col Chamilpa, CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México.

\*Autor responsable. Correo-e: acosta\_duran@yahoo.com.mx

#### RESUMEN

La producción de plantas ornamentales es una actividad económica fundamental en el estado de Morelos, México. No existe suficiente información sobre métodos de propagación vegetativa en diversas plantas, especialmente en ciprés italiano, por lo que se realizó un experimento con el objetivo de evaluar el efecto del tipo de sustrato y la aplicación de fitohormonas en la generación de raíces en esquejes de ciprés italiano (*Cupressus sempervirens* L.) cv *Stricta*, en condiciones de invernadero y con riego por nebulización. Se evaluaron once mezclas de sustrato preparadas con materiales en partes iguales

de tezontle, arena, fibra de coco, tepojal, vermicomposta, turba, vermiculita y perlita, además de la aplicación de dos dosis de ácido Indol-3-Butírico al 1.0 % (AIB) (Radix 10000®). El experimento se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 22 tratamientos y 3 repeticiones. Las variables registradas fueron: porcentaje de esquejes con raíz y con callo, longitud y volumen de raíz. Los resultados mostraron diferencias significativas en la mayoría de los tratamientos y de las variables, causadas principalmente por el efecto de los sustratos más que por la aplicación del AIB. Se observó que de manera general, el tipo de sustrato tiene efecto significativo en la formación de callos y raíces en los esquejes. No se observó un efecto

significativo en cuanto a la utilización de AIB para promover el enraizamiento. El mejor sustrato fue la mezcla de tezontle 50 % + fibra de coco 50 % + AIB con un 62.22 % de esquejes con raíz. El sustrato compuesto de perlita 50 % + vermiculita 50 % fue el que promovió el mayor número de esquejes con callos (10.67 %). No se observó un efecto claro de los tratamientos en la longitud de raíz, ya que el 86.3 % de los tratamientos no mostraron diferencias significativas. El volumen de raíz fue promovido por los sustratos que presentaron alta retención de humedad (78.8 %) y alta porosidad (65 %). Se concluyó que la propagación por esqueje de ciprés italiano se logra exitosamente cuando el sustrato tiene densidad de 100 - 495 g/l, retención de humedad de 40.0 - 78.8 %, porosidad de 30.0 - 67.5 %, pH de 7.0 y CE de 0.20 dS/m.

### ABSTRACT

The production of ornamental plants is a very important economic activity in Morelos State, México. There is not enough information about vegetative propagation methods in various plants, especially Italian Cypress, so an experiment was conducted in order to evaluate the effect of substrate type and application of phytohormones in generating roots in Italian cypress (*Cupressus sempervirens* L.) cv *Stricta* cuttings, under greenhouse conditions and spray irrigation. Eleven mixtures of growing media prepared with equal parts of two materials like: volcanic rock, sand, coir, tepojal, vermicompost, peat, perlite and vermiculite, as well as the application of two doses of IBA (1.0 %) (Radix 10000®) were evaluated. The experiment was conducted under a completely randomized design with factorial arrangement of 22 treatments and 3 replications. The variables recorded were: percentage of rooted cuttings and cuttings with callus, length and volume of root. The results showed significant differences in the treatments of most variables, primarily caused by the effect of the substrate rather than applying IBA. It was observed that in general, the type of substrate has significant effect on callus formation and root cuttings.

No significant effect was observed in terms of the use of IBA for rooting. The best substrate mix was tezontle 50 % + coir 50 % + IBA with 62.22 % of rooted cuttings. The substrate composed with perlite 50 % + vermiculite 50 % was that promoted the greatest number of cuttings callus (10.67 %). There was no clear effect of treatments on root length because 86.3 % showed no significant differences. Root volume was promoted by the substrates showed high moisture retention (78.8 %) and high porosity (65%). Propagation by cutting of Italian cypress successfully achieved, when the substrate has a density of 100 - 495 g/l, moisture retention of 40.0 - 78.8 %, porosity from 30.0 - 67.5 %, pH of 7.0 and EC of 0.20 dS/m, was concluded.

### INTRODUCCIÓN

En México, el 32 % de la superficie cultivada en el área ornamental está en el estado de Morelos. Esta representa 6,500 ha; localizando 2,200 viveros registrados en toda la entidad, produciendo más de 1,000 especies, generando 11,000 empleos, siendo ocupados en un 40 % por mujeres. En estas 2,200 ha, el 58 % es cultivado a cielo abierto, el 20 % bajo invernadero y el 22 % a media sombra (Mundo, 2002).

Morelos se ha posicionado como el primer lugar en la producción de plantas de ornato debido a las excelentes condiciones agroclimáticas, a que los procesos de producción se han ido desarrollando en base a la experiencia y conocimientos que de generación en generación se han pasado los productores, aunados a la mejora continua, aplicando conocimientos científicos y técnicos de producción tanto a cielo abierto como bajo cubierta. Morelos cuenta con las principales casas productoras de plántulas y esquejes de México, ofreciendo especies que son reconocidas en el mundo por su gran belleza y calidad. En la actualidad, Morelos es productor de más de 1,000 especies de plantas ornamentales, de las cuales se distinguen la nochebuena y el crisantemo, entre otras especies (Mundo, 2002).

El gran desarrollo que ha tenido Morelos en la producción ornamental es el resultado del gran esfuerzo conjunto de productores y gobierno, manteniendo al Estado como el número uno en producción de especies de plantas ornamentales de alta calidad.

El proceso de producción de ornamentales se ha convertido en uno de los mejor llevados y organizados, permitiendo al estado que destaque en esta actividad, obteniendo año con año premios a nivel nacional e internacional como uno de los estados con mayor producción y calidad de especies ornamentales. La semilla o el esqueje pueden ser importados de diferentes países como EEUU, Holanda, Francia, entre otros, asegurando su calidad.

Las plantas ornamentales son de fácil producción, siendo importante el contar con excelente material vegetativo de extracción (plantas madre). A partir de estas son extraídos los hijuelos, esquejes, varetas, cormos, rizomas, etc, que serán utilizados para la producción. Esto se hace de manera general en las plantas ornamentales, ya que a partir de semillas tardarían mucho más tiempo en desarrollarse, considerando que la semilla tendría que ser genéticamente homogénea y con la propagación vegetativa se mantiene la identidad genotípica. En cuanto al material vegetativo que se obtiene de las plantas madre, son casi exactamente iguales a su progenitor. De las plantas padrones o madre, se obtienen estacas o esquejes. Siendo principalmente obtenidas de las puntas o las ramas de entrenudos. De estas, la parte más importante es el ápice, o parte terminal de la planta que generalmente enraíza más rápido porque ahí se encuentra la fuerza de crecimiento (Hartman y Kester, 1999).

Una vez extraídos los esquejes, son llevados a una cama de enraizamiento, la cual puede estar hecha de arena, tepojal, tezontle, turba, etc, según el tipo de planta. Durante el enraizamiento es muy importante

el riego, ya que se necesita agua suficiente para que las plantas puedan generar raíces.

El tiempo de enraizamiento puede variar según el tipo de planta; de manera general tarda entre 30 y 60 días. La azalea tarda aproximadamente 40 días en enraizar, el ciprés italiano 90 días y la bugambilia 30 días (Hartman y Kester, 1999; Lewis, 2002).

En invierno, este tiempo aumenta por el frío. Excepto las plantas herbáceas, que enraízan en menor tiempo.

Algunas plantas generan raíz, según el desarrollo que van adquiriendo. Otras, en cambio, denotan que ya tienen raíz cuando desarrollan un nuevo brote en el ápice; por ejemplo, el filodendro. Sin embargo aun cuando el filodendro ya brotó, no siempre enraíza.

Una vez enraizadas las plántulas son llevadas al área de trasplante, donde continuarán su desarrollo y posteriormente serán llevadas a la venta.

El ciprés común, también conocido como ciprés italiano, piramidal o de cementerio es originario del mediterráneo, pertenece a la familia *Cupressaceae*, género *Cupressus*; esta planta se ha cultivado como ornamental por milenios, lejos de sus zonas de origen, ya que sobrevive en zonas similares con veranos calientes y secos, en inviernos suaves y lluviosos; incluso en zonas más frías y con veranos húmedos (Judd, 2008).

Actualmente, se tienen pocos reportes sobre la producción del ciprés italiano, en los que se ha mencionado que el enraizamiento puede lograrse a partir de plantas jóvenes a finales de invierno, aunque también se pueden obtener en otras fechas pero se debe de utilizar un tratamiento con ácido indolbutírico en dosis superiores a 200 ppm. De acuerdo a algunas referencias bibliográficas, uno de los mejores sustratos para el enraizamiento es una mezcla de 50 % vermiculita y 50 % perlita (Lewis, 2002).

De manera tradicional, el sustrato con que se trabaja es el tepojal, un material poroso de origen mineral, que tiene baja capacidad de retención de humedad. Cuando el sustrato tiene capacidad de retención de humedad media el enraizamiento se produce en menor tiempo ya que de lo contrario puede tardar de 3 a 5 meses (Lewis, 2002).

Por lo general, los esquejes de ciprés tienen un tamaño entre 10 a 15 cm, retirando las hojas de la mitad de la parte inferior de estos y son tratados con ácido indol butírico a proporción de 1500 ppm, tratando solo la parte inferior del esqueje y eliminando el excedente. A la fitohormona también de le puede agregar un fungicida para prevenir alguna enfermedad (Hartman y Kester, 1999).

Los esquejes son colocados en el sustrato dentro de contenedores de plástico (macetas), que después son introducidos en un invernadero tipo túnel, en el cual se mantiene una temperatura entre 24 a 27 °C y una humedad relativa entre 90-95 %. Dichos invernaderos en su mayoría cuentan con nebulizadores o aspersores como sistema de riego para controlar la temperatura y la humedad relativa (Hartman y Kester, 1999).

Posteriormente a los esquejes, se les aplica fungicidas para la prevención de enfermedades, además de aplicaciones de fitohormonas enraizadoras y cuando se tienen las primeras raíces, las plántulas son extraídas del invernadero y colocadas bajo malla sombra, con la finalidad de aclimatarlas y que estén listas para la venta (López-Ramírez, 2011).

Las técnicas antes mencionadas son las más cercanas a lo utilizado por los productores de plántulas de ciprés dentro del municipio de Cuautla, Morelos, México. Con esta metodología los productores obtienen resultados erráticos con un promedio de esquejes enraizados de entre 25-30 % lo que representa bajo rendimiento por el trabajo y la inversión que se realiza para la producción de plántulas de ciprés,

además del gran desperdicio de material vegetativo (López-Ramírez, 2011).

Algunos antecedentes de enraizamiento en otras especies es la utilización de AIB en *Ficus benjamina* L. a proporción de 1500 ppm, el cual dio como resultado en un lapso de 50 días, un mayor tamaño y número de hojas en dichas plantas tratadas. Otro ejemplo es la propagación vegetativa de *Gmelina arborea* Roxb. en el cual se observó 80 % de enraizamiento utilizando 2 mg·g<sup>-1</sup> de AIB (Ruiz *et al.*, 2005).

Por lo anterior, se vislumbra la posibilidad de encontrar una combinación de sustrato y aplicación de hormonas de enraizamiento a los esquejes, lo que permitiría aumentar los porcentajes de enraizamiento y posiblemente acortar el tiempo del proceso de producción, lo que representaría mayores utilidades para los productores de plántulas de ciprés italiano.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del tipo de sustrato y la aplicación de Acido 3-Indol Butírico (AIB) en la generación de raíces en esquejes de ciprés italiano (*Cupressus sempervirens* L.) cv *Stricta*, para propagación vegetativa, bajo condiciones de invernadero y con riego por nebulización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el vivero "La Gloria", ubicado en cerrada Ejido del Rosario s/n, Col. Cuautlixco, en Cuautla Morelos.

El proceso de enraizamiento se desarrolló dentro de un invernadero tipo túnel de 100 m<sup>2</sup>, cubierto con plástico lechoso tratado al 50 %, calibre 800, con sistema de riego por nebulización y en el que la humedad relativa se mantiene entre 80 y 90 % y la temperatura entre 28 y 35 °C.

El material vegetativo de ciprés italiano (*Cupressus sempervirens* L.) cv *Stricta*) se obtuvo de plantas madre de este

vivero. Para preparar los esquejes se seleccionaron puntas de las ramas, que se cortaron de entre 10 y 15 cm de largo. Una vez cortados se mantuvieron en la sombra y se colocaron en las macetas el mismo día del corte (Figura 1). Antes de colocarlos en el contenedor se introdujo la base del esqueje en polvo de Radix 10000® (Ácido Indol-3-Butírico al 1.0 %) (AIB), se realizó una perforación en el sustrato y se colocó en esqueje en el mismo.



Figura 1. Aspecto de los esquejes de ciprés italiano para el experimento de inducción de raíces

Los sustratos se prepararon con diferentes combinaciones en partes iguales de: Tepojal, Tezontle, Vermicomposta, Fibra de coco, Arena, Turba, Perlita y Vermiculita (Figura 2) (Cuadro 1). Con las mezclas resultantes se llenaron macetas de polietileno de 6".

El experimento se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 22 tratamientos y 3 repeticiones. El factor A fue el sustrato (11 niveles) y el factor B, la hormona (2 niveles). Se colocaron 30 esquejes por maceta de 6" (Figura 3). La unidad experimental fue de

una maceta con 30 esquejes. En total se utilizaron 1980 esquejes.



Figura 2. Aspecto de la preparación de sustratos para el experimento de inducción de raíces en esquejes de ciprés italiano



Figura 3. Aspecto de las unidades experimentales para el experimento de inducción de raíces en esquejes de ciprés italiano

Las variables registradas fueron: porcentaje de esquejes con raíz (Figura 4); y porcentaje de esquejes con callo (Figura 5); longitud de raíz, para lo cual se midió con una regla desde el punto de inserción

de la primera raíz, hasta la raíz más larga (Figura 6); volumen de raíz, el cual se midió con el método de desplazamiento de agua en una probeta, en la que se tiene un volumen inicial conocido, se sumerge la raíz y se registra el volumen final. La diferencia entre los volúmenes es el volumen de raíz (Figura 7).



Figura 4. Aspecto de los esquejes de ciprés italiano con raíz.



Figura 5. Aspecto de los esquejes de ciprés italiano con callo.



Figura 6. Medida de la longitud de raíz en el experimento de inducción de raíces en esquejes de ciprés italiano



Figura 7. Medición del volumen de raíz en el experimento de inducción de raíces en esquejes de ciprés italiano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron diferencias significativas en la mayoría de los tratamientos y de las variables, causadas principalmente por el efecto de los sustratos más que por la aplicación de la hormona de enraizamiento.

Cuadro 1. Tratamientos para el experimento de inducción de raíces en esquejes de ciprés italiano.

TRATAMIENTOS	
TEP-AIB	Tepojal (100 %) + AIB (Testigo)
TEP	Tepojal (100 %)
TEP-FC-AIB	Tepojal (50 %) + Fibra de coco (50 %) + AIB
TEP-FC	Tepojal (50 %) + Fibra de coco (50 %)
TEP-FC-VCO-AIB	Tepojal (33.3 %) + Fibra de coco (33.3 %) + Vermicomposta (33.3 %) +AIB
TEP-FC-VCO	Tepojal (33.3 %) + Fibra de coco (33.3 %) + Vermicomposta (33.3 %)
TEZ-AIB	Tezontle (100 %) + (Testigo) + AIB
TEZ	Tezontle (100 %)
TEZ-FC-AIB	Tezontle (50 %) + Fibra de coco (50 %) + AIB
TEZ-FC	Tezontle (50 %) + Fibra de coco (50 %)
TEZ-FC-VCO-AIB	Tezontle (33.3 %) + Fibra de coco (33.3 %) + Vermicomposta (33.3 %) + AIB
TEZ-FC-VCO	Tezontle (33.3 %) + Fibra de coco (33.3 %) + Vermicomposta (33.3 %)
AR-TUR-AIB	Arena (50 %) + Turba (50 %) + AIB
AR-TUR	Arena (50 %) + Turba (50 %)
AR-VCU-AIB	Arena (50%) + Vermiculita (50 %) + AIB
AR-VCU	Arena (50%) + Vermiculita (50 %)
AR-PER-VCU-AIB	Arena (33.3 %) + Perlita (33.3 %) + Vermiculita (33.3 %) + AIB
AR-PER-VCU	Arena (33.3 %) + Perlita (33.3 %) + Vermiculita (33.3 %)
PER-TUR-AIB	Perlita (50 %) + Turba (50 %) + AIB
PER-TUR	Perlita (50 %) + Turba (50 %)
PER-VCU-AIB	Perlita (50 %) + Vermiculita (50 %) + AIB
PER-VCU	Perlita (50 %) + Vermiculita (50 %)

TEP= tepojal; FC= fibra de coco; VCO= vermicompostas; TEZ= tezontle; AR= arena; TUR= turba; VCU= vermiculita; PER= perlita; AIB= Radix 10000®.

### FACTOR A (Sustratos)

En el factor A (sustratos) se observaron diferencias significativas en todas las variables entre todos los tratamientos; sin embargo, en general, los tratamientos AR-TUR, AR-PER-VCU, PER-TUR y PER-VCU arrojaron los mejores resultados (Cuadro 2).

En el porcentaje de esquejes con raíz el mejor tratamiento fue el TEZ-FC que fue estadísticamente igual a AR-TUR, AR-PER-VCU y PER-TUR, y que superó al resto de los tratamientos.

El tratamiento compuesto por partes iguales de tezontle y fibra de coco superó al testigo (100 % Tepojal) en 410 % lo que fue una diferencia altamente significativa. Sin embargo, el tratamiento TEZ-FC fue estadísticamente igual a los tratamientos AR-TUR, AR-PER-VCU y PER-TUR que también superaron al testigo en 300 %, 295 % y 305 % respectivamente (Cuadro 2). Estos tratamientos están combinados con fibra de coco, turba, perlita y vermiculita, materiales que aumentan la capacidad de retención de humedad de un sustrato y aparentemente fue el factor que promovió el mayor número de esquejes con raíz (Figura 6).

Los peores tratamientos fueron el TEP-FC-VCO, TEP y TEZ-FC-VCO que fueron preparados con tepojal y tezontle como componentes principales. El tepojal y el tezontle son materiales que retienen poca humedad y se secan en poco tiempo, por lo que posiblemente compitieron por la humedad del sustrato con los esquejes, limitando la humedad e inhibiendo el crecimiento de la raíz.

La primera reacción del esqueje cortado y colocado en un medio artificial es la suberización del corte y la formación de un callo que evita la deshidratación y la pudrición de la base del esqueje (Figura 7) (Hartman y Kester, 1999). En esta variable se observó la mayor cantidad de esquejes con callo en el tratamiento PER-VCU, que superó al testigo en 59.0 % y fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos (Cuadro 2).

El tratamiento PER-VCU estuvo preparado con partes iguales de perlita y vermiculita, materiales que retienen gran cantidad de humedad (Cuadro 3) pero que la liberan con mucha rapidez, por lo que es posible que los cambios sucesivos entre mucha y poca humedad promuevan la formación de callo, y no necesariamente la inducción del crecimiento de la raíz.

Una vez que se ha formado la raíz, los factores que inducen su crecimiento en longitud y volumen están relacionados sobre todo con el equilibrio de humedad y aireación del sustrato. Tanto el exceso de humedad como la deficiencia limitan considerablemente el crecimiento. Los mejores tratamientos para esta variable fueron aquellos preparados con tezontle y arena combinados con fibra de coco, vermicomposta, turba, perlita y vermiculita, todos ellos en base a proporciones, fueron los que mostraron el mejor equilibrio.

En el caso del volumen de raíz, el mejor tratamiento fue el de PER-TUR

(Cuadro 2), sustrato al que no se le agregó arena o tezontle (Cuadro 3), materiales pesados, por lo que fue más ligero y permitió mayor crecimiento de raíces en grosor, lo que indica que la combinación de perlita con turba en partes iguales promueve el crecimiento de la raíz en volumen.

### FACTOR B (Hormona)

En el Factor B (AIB) solo se observaron diferencias en la variable de porcentaje de esquejes con callo (Cuadro 4). Lo que indica que el efecto más importante fue provocado por las diferentes combinaciones de sustratos. Los resultados muestran que el AIB no mejoró el número de esquejes con raíz, ni la longitud y el volumen de raíz, pero si inhibió la formación de callo.

Aunque varios autores reportan la efectividad de la aplicación de promotores de raíz (Hernán *et al.*, 2009; Castrillón *et al.*, 2008), otros han señalado que la aplicación de hormonas inductoras de raíz, no siempre es efectiva (Aparicio *et al.*, 2009; Ruiz *et al.*, 2005), posiblemente exista una interacción entre las especies vegetales y las hormonas, o algún tipo de sensibilidad a los niveles aplicados (Ruiz *et al.*, 2005). En el caso de ciprés, no se tiene información del efecto de la aplicación, aunque algunos autores la recomiendan como una actividad general en el enraizamiento de estacas, no se basa en un conocimiento científico para la especie.

### FACTORIAL

En el análisis de los tratamientos en arreglo factorial también se observaron diferencias significativas en todos los tratamientos y en todas las variables (Cuadro 5.)

Cuadro 2. Respuesta de las variables evaluadas en los tratamientos para el factor A (sustratos) en el experimento de inducción de raíces en esquejes de ciprés italiano.

	Esquejes con Raíz (%)	Esquejes con callo (%)	Longitud de raíz (cm)	Volumen de raíz (ml)
TEP	11.110 e*	21.66 bcd	12.083 ab	1.32 abcd
TEP-FC	22.445 cde	15.55 cd	9.185 b	1.11 cd
TEP-FC-VCO	10.555 e	2.22 e	9.375 b	0.85 d
TEZ	32.223 bcd	3.88 e	14.172 a	1.36 abcd
TEZ-FC	56.667 a	22.77 bc	12.183 ab	1.00 cd
TEZ-FC-VCO	17.777 de	3.33 e	14.772 a	1.24 bcd
AR-TUR	44.445 ab	23.33 bc	13.482 a	1.45 abc
AR-VCU	38.888 bc	25.00 b	12.660 ab	1.10 cd
AR-PER-VCU	43.888 ab	13.89 d	14.970 a	1.34 abcd
PER-TUR	45.000 ab	24.44 b	12.935 ab	1.88 a
PER-VCU	21.110 de	34.44 a	12.032 ab	1.74 ab
CV	45.93	39.73	26.81	36.375
DMS	16.838	8.019	3.916	0.556

\*En las columnas, letras iguales son iguales estadísticamente (DMS  $p \leq 0.05$ ). TEP= tepojal; FC= fibra de coco; VCO= vermicompostas; TEZ= tezontle; AR= arena; TUR= turba; VCU= vermiculita; PER= perlita; AIB= Radix 10000®; CV= coeficiente de variación; DMS= diferencia mínima significativa.

### Esquejes con raíz

En el porcentaje de esquejes con raíz el mejor tratamiento fue el TEZ-FC-AIB que superó en 299.8 % y 74.97 % a los tratamientos de tepojal y tezontle respectivamente (Cuadro 5). El tratamiento TEZ-FC-AIB tuvo 62.22 % de esquejes enraizados (Figura 8), cifra que supera en más del 50 % al rendimiento regional que es

de 25-30 % (López-Ramírez, 2011). Sin embargo, el tratamiento TEZ-FC-AIB no mostró diferencia significativa con los tratamientos TEZ-FC, PER-TUR con y sin AIB, AR-TUR-AIB, AR-VCU-AIB y AR-PER-VCU-AIB, donde parece que el elemento que determinó las diferencias entre los tratamientos fue la conductividad eléctrica del sustrato, ya que en el sustrato TEZ-FC fue de 0.20 dS/m (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características físicas y químicas de los sustratos utilizados en el experimento de inducción de raíces de estacas de ciprés italiano.

	Densidad Aparente (g/l)	Porosidad Total (%)	Retención de humedad (%)	pH	Conductividad Eléctrica (dS/m)
TEP	933.0	45.0	38.9	7.0	0.05
TEP-FC	501.5	61.0	59.6	6.8	0.23
TEP-FC-VCO	334.0	40.6	39.7	4.5	0.15
TEZ	920.0	58.0	12.2	7.0	0.00
TEZ-FC	495.0	67.5	46.2	6.8	0.20
TEZ-FC-VCO	329.6	44.9	30.8	4.5	0.13
AR-TUR	104.5	30.0	40.2	3.5	0.07
AR-VCU	100.0	30.0	40.0	3.5	0.00
AR-PER-VCU	112.1	43.3	52.4	4.6	0.00
PER-TUR	172.5	65.0	78.8	7.0	0.07
PER-VCU	168.0	65.0	78.6	7.0	0.00

TEP= tepojal; FC= fibra de coco; VCO= vermicompostas; TEZ= tezontle; AR= arena; TUR= turba; VCU= vermiculita; PER= perlita;

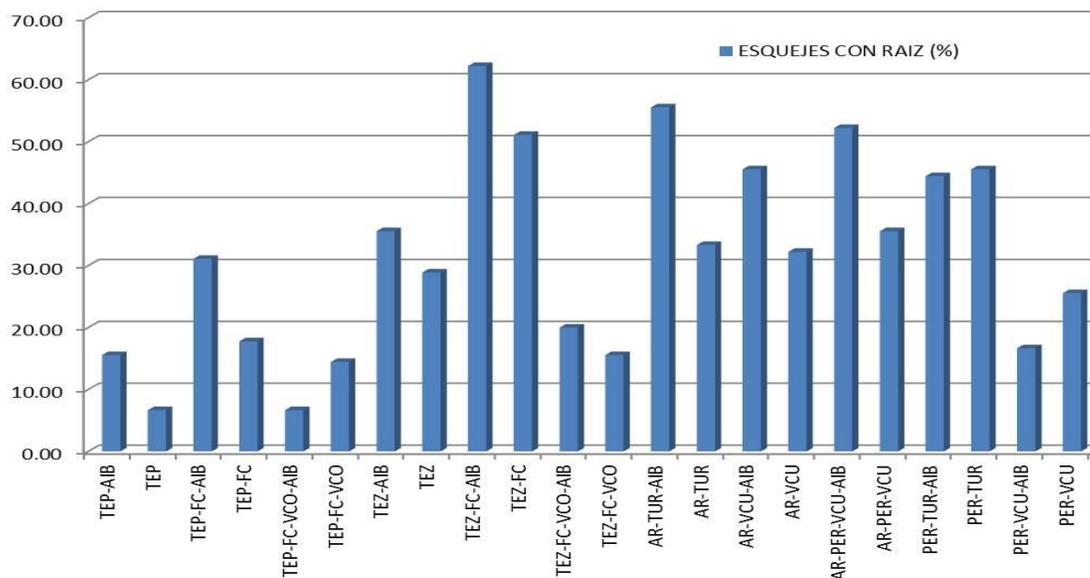


Figura 8. Porcentaje de esquejes con raíz en el experimento de inducción de raíces en esquejes de ciprés italiano. TEP= tepojal; FC= fibra de coco; VCO= vermicompostas; TEZ= tezontle; AR= arena; TUR= turba; VCU= vermiculita; PER= perlita;

### Esquejes con callo

El porcentaje de esquejes con callo fue significativamente mayor en el tratamiento PER-VCU, superando en 34 % al testigo (Cuadro 5). Considerando que esta variable no es de gran interés para la propagación, se puede aceptar la hipótesis de que con más tiempo dentro del

enraizador, posiblemente desarrollarían raíces.

Es importante resaltar que la aplicación de AIB inhibió la formación de callo, pues los resultados mostraron que en el 90.9 % de los tratamientos, el porcentaje de esquejes con callo fue superior cuando no se aplicó la hormona (Figura 9).

Cuadro 4. Respuesta de las variables evaluadas en los tratamientos para el factor B (AIB) en el experimento de inducción de raíces en esquejes de ciprés italiano.

	Esquejes con raíz (%)	Esquejes con callo (%)	Longitud de raíz (cm)	Volumen de raíz (ml)
CON AIB	35.050 a*	14.74 b	12.649 a	1.33 a
SIN AIB	27.879 a	19.89 a	12.413 a	1.28 a
CV	45.93	39.73	26.81	36.375
DMS	7.17	3.419	1.66	0.237

\*En las columnas, letras iguales son iguales estadísticamente (DMS  $p \leq 0.05$ ).

Cuadro 5. Variables medidas en los tratamientos con arreglo factorial en el experimento de

## inducción de raíces en esquejes de ciprés italiano.

	Esquejes con raíz (%)	Esquejes con callo (%)	Longitud de raíz (cm)	Volumen de raíz (ml)
TEP-AIB	15.56 ef*	5.67 cdef	15.25 a	1.71 abcd
TEP	6.67 f	7.33 bcde	8.92 bcd	0.94 def
TEP-FC-AIB	31.11 cde	4.00 fgh	7.47 cd	1.01 def
TEP-FC	17.78 ef	5.33 def	10.90 abcd	1.23 abcdef
TEP-FC-VCO-AIB	6.67 f	0.33 i	10.80 d	0.86 f
TEP-FC-VCO	14.44 ef	1.00 hi	11.55 abcd	1.14 cdef
TEZ-AIB	35.56 bcde	0.67 i	13.64 ab	1.35 abcdef
TEZ	28.89 cdef	1.67 ghi	14.70 a	1.38 abcde
TEZ-FC-AIB	62.22 a	5.00 def	12.43 abcd	1.22 bcdef
TEZ-FC	51.11 abc	8.67 abc	11.93 abcd	0.79 ef
TEZ-FC-VCO-AIB	20.00 ef	0.67 i	15.07 a	1.36 abcdef
TEZ-FC-VCO	15.56 ef	1.33 ghi	14.47 ab	1.12 cdef
AR-TUR-AIB	55.56 ab	5.33 def	14.09 ab	1.33 abcde
AR-TUR	33.33 bcde	8.67 abc	12.87 abc	1.57 abcde
AR-VCU-AIB	45.56 abcd	7.33 bcde	12.58 abcd	1.06 cdef
AR-VCU	32.22 bcde	7.67 abcd	12.74 abcd	1.14 cdef
AR-PER-VCU-AIB	52.22 abc	4.33 efg	14.64 a	1.27 abcdef
AR-PER-VCU	35.56 bcde	4.00 fgh	15.30 a	1.42 abcdef
PER-TUR-AIB	44.44 abcd	5.33 def	12.87 abc	1.82 abc
PER-TUR	45.56 abcd	9.33 ab	13.00 abc	1.94 ab
PER-VCU-AIB	16.67 ef	10.00 ab	13.90 ab	2.02 a
PER-VCU	25.56 def	10.67 a	10.16 abcd	1.48 abcdef
CV	47.197	38.842	27.028	36.850
DMS	24.437	11.073	5.573	0.795

\*En las columnas, letras iguales son iguales estadísticamente (DMS  $p \leq 0.05$ ). TEP= tepojal; FC= fibra de coco; VCO= vermicompostas; TEZ= tezontle; AR= arena; TUR= turba; VCU= vermiculita; PER= perlita; CV= coeficiente de variación; DMS= diferencia mínima significativa.

**Longitud de raíz**

En cuanto a la longitud de la raíz, cinco tratamientos presentaron mejor respuesta a esta variable y fueron el de TEP-AIB, el de TEZ, el de TEZ-FC-VCO-AIB y el de AR-PER-VCU con y sin hormona, sin embargo no presentaron diferencias significativas con la mayoría de los tratamientos (Figura 10). Los peores tratamientos fueron el de TEP, el de TEP-FC-AIB y el de TEP-FC-VCO-AIB, resultados que sugieren que el tepojal no promueve el crecimiento de la raíz (Cuadro 5).

**Volumen de raíz**

Con respecto al volumen de la raíz el tratamiento compuesto de PER-VCU-AIB, presentó el mejor resultado; aunque no se observó diferencia significativa con respecto a 12 de los demás tratamientos (Cuadro 5), sin embargo, el porcentaje de enraizamiento de este tratamiento fue de los más bajos (Figura 11). Los resultados sugieren que la combinación de alta porosidad y alta retención de humedad favorecen el aumento del volumen de raíz, ya que lo tratamientos que fueron estadísticamente iguales son los que presentaron los valores más altos de esas características (Cuadro 3).

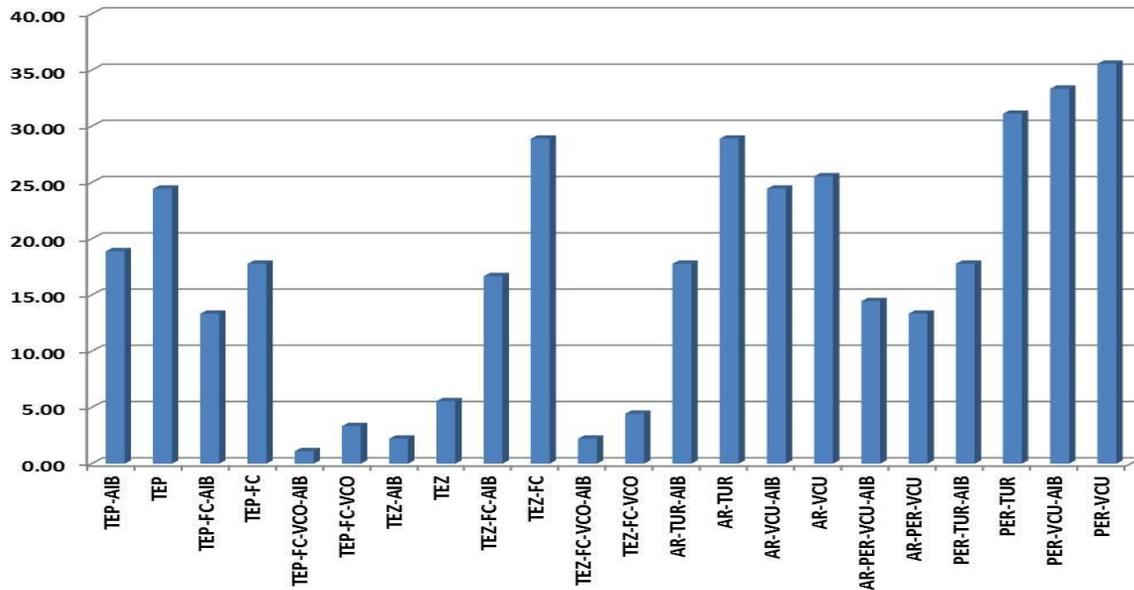


Figura 9. Porcentaje de esquejes con callo en el experimento de inducción de raíces en esquejes de ciprés italiano. TEP= tepojal; FC= fibra de coco; VCO= vermicompostas; TEZ= tezontle; AR= arena; TUR= turba; VCU= vermiculita; PER= perlita;

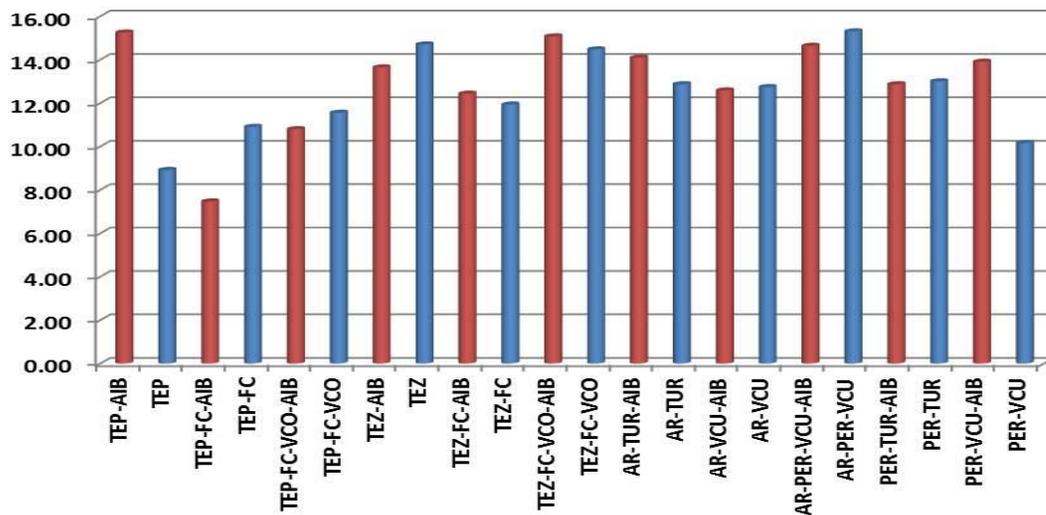


Figura 10. Longitud de las raíces (cm) en el experimento de inducción de raíces en esquejes de ciprés italiano. TEP= tepojal; FC= fibra de coco; VCO= vermicompostas; TEZ= tezontle; AR= arena; TUR= turba; VCU= vermiculita; PER= perlita;

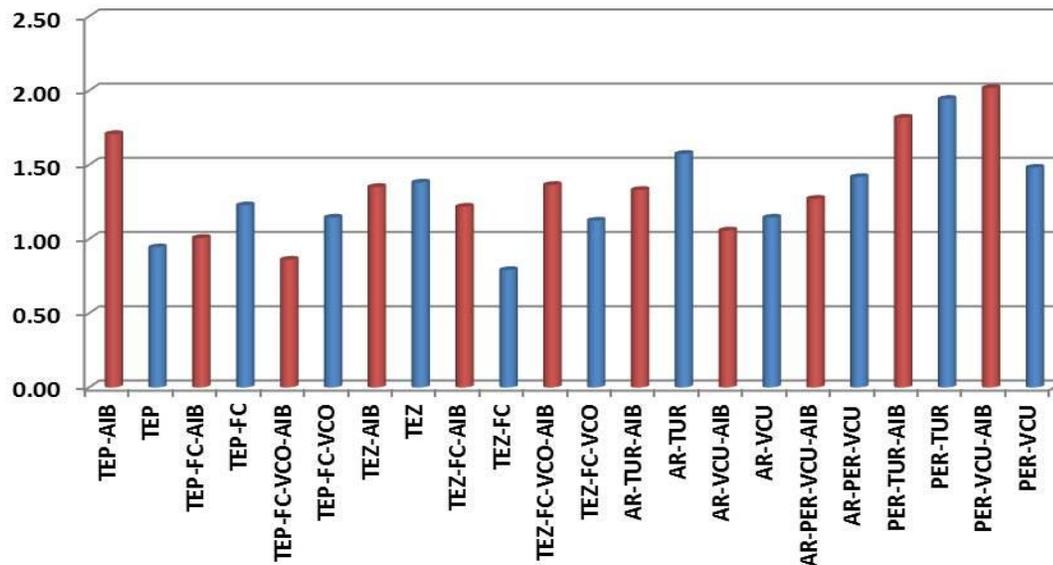


Figura 11. Volumen de raíz (ml) en el experimento de inducción de raíces en esquejes de ciprés italiano. TEP= tepojal; FC= fibra de coco; VCO= vermicompostas; TEZ= tezontle; AR= arena; TUR= turba; VCU= vermiculita; PER= perlita;

## CONCLUSIONES

Se observó que de manera general, el tipo de sustrato tiene efecto significativo en la formación de callos y raíces de esquejes de ciprés italiano.

En este trabajo no se observó un efecto significativo en cuanto a la utilización de AIB para promover el enraizamiento.

El mejor sustrato para enraizamiento de esquejes de ciprés italiano fue la mezcla de tezontle 50 % + fibra de coco 50 % + AIB con un 62.22 % de esquejes con raíz.

El sustrato compuesto de perlita 50 % + vermiculita 50 % fue el que promovió el mayor número de esquejes con callos (10.67 %).

No se observó un efecto claro de los tratamientos en la longitud de raíz, ya que el

86.3 % de los tratamientos no mostraron diferencias significativas.

El volumen de raíz fue promovido por los sustratos que presentaron alta retención de humedad (78.8 %) y alta porosidad (65 %).

La propagación por esqueje de ciprés italiano se logra exitosamente cuando el sustrato tiene densidad de 100 - 495 g/l, retención de humedad de 40.0 - 78.8 %, porosidad de 30.0 - 67.5 %, pH de 7.0 y CE de 0.20 dS/m.

## LITERATURA CITADA

Aparicio, A., M. Pastorino, A. Martinez-Meier, L. Gallo. 2009. Vegetative propagation of patagonian cypress, a vulnerable species from the subantarctic forest of South America. *Bosque* 30(1): 18-26.

- Castrillón, J.C., E. Carvajal, G. Ligarreto, S. Magnitskiy. 2008. El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. *Agronomía Colombiana* 26(1): 16-22.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E. 1999. Propagación de plantas, principios y prácticas, Editorial CECSA, 7ª reimpresión de la 1ª edición, México.
- Hernán M., N., J. G. Álvarez-Herrera, H.E. Balaguera-López, G. Fischer. 2009. Propagación asexual de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en diferentes sustratos y a distintos niveles de auxina. *Agronomía Colombiana* 27(3), 341-348.
- Judd Walter, S. 2008. Plant systematics: a phylogenetic approach, Sinauer Associates, 3ª edition.
- Lewis, H. 2002. La reproducción de las plantas pasó a paso. Omega.
- López-Ramírez, R. 2011. Productor de la región de Cuautla Morelos. Comunicación Personal.
- Mundo O., J. 2002. El papel del viverista y del vivero ornamental como instrumento de generación de ingresos para el desarrollo rural, caso de la comunidad de Tetela del Monte, municipio de Cuernavaca Mor. Tesis de Maestría en Ciencias en Desarrollo Rural. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 130 pp.
- Ruiz G., R., J.J. Vargas-Hernández, V.M. Cetina-Alcalá, A. Villegas-Monter. 2005. Efecto del ácido Indolbutírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelina arborea* Roxb. *Rev. Fitotec. Mex.* 28(4): 319-326.