

“PROPAGACION VEGETATIVA DE QUINILLA (*Manilkara bidentata*, A.DC.) MEDIANTE EL ENRAIZAMIENTO DE ESTAQUILLAS UTILIZANDO CAMARA DE SUBIRRIGACIÓN EN EL DISTRITO DE MORALES PROVINCIA DE SAN MARTIN”

* Segundo Dario Maldonado Vásquez

** Danny Daniel Cervantes Owaki

RESUMEN

Especie que se utiliza en la construcción de puentes, postes, pisos para parquets, en líneas ferrovianas. En la actualidad se encuentra en peligro de extinción por causa de la erosión genética y sobre todo por la agricultura migratoria que limitaría la disponibilidad de semillas en cantidad y calidad necesaria para su producción y reposición a través de programas de reforestación.

En el presente trabajo se evaluó los efectos de tres tipos de sustrato y cuatro dosis de ácido-3-indolbutírico (AIB) sobre la capacidad de enraizamiento de quillas de quinilla (*Manilkara bidentata*), utilizando cámaras de subirrigación. El ensayo se realizó en el vivero forestal del instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana en San Martín (IIAP); empleando un diseño completamente al azar con parcelas divididas conformado por doce tratamientos, cuatro repeticiones y seis estaquillas por unidad experimental. Al término de 30 días se obtuvo un 83% de enraizamiento utilizando arena media como sustrato y 0.8% de AIB. Es necesario, la utilización de sombra sobre los propagadores para reducir la irradiación, las temperaturas aéreas y del sustrato dentro de los propagadores, así como para mantener una alta humedad relativa.

Palabras claves: *Manilkara bidentata*, propagación vegetativa, estacas juveniles, enraizamiento, área foliar, AIB, cámara de subirrigación.

SUMMARY

Species used in the construction of bridges, poles, hardwood floors in ferrovianas lines. It is now in danger of extinction due to genetic erosion and particularly by shifting cultivation that would limit the availability of seeds in quantity and quality needed for production and replacement through reforestation programs.

This study evaluated the effects of three substrate types and four doses of acid-3-indole butyric (IBA) on rooting ability of keels quinilla (*Manilkara bidentata*), using cameras subirrigation. The trial was conducted in the forest nursery of the Institute of Peruvian Amazon Research in San Martín (IIAP), using a completely randomized design with split plot consisting of twelve treatments, four replications and six cuttings per experimental unit. At the end of 30 days was obtained 83% rooting medium sand as a substrate using 0.8% AIB. It is necessary, the use of shadow on the propagators to reduce radiation, air temperatures and substrate within the propagators, as well as to maintain high relative humidity.

Keywords: *Manilkara bidentata*, vegetative propagation, juvenile cuttings, rooting, leaf area, AIB, camera subirrigation.

* Ing. Agrónomo. Docente de la FCA UNSM-T

** Bachiller en Ciencias Agrarias. FCA UNSM-T

I. INTRODUCCIÓN

Quinilla (*Manilkara bidentata*) (A.DC.) especie nativa de la Amazonía Peruana que se utiliza en la construcción de puentes, postes, pisos para parquets. En la actualidad se encuentra en peligro de extinción por causa de la erosión genética y sobre todo por la agricultura migratoria que limitaría la disponibilidad de semillas en cantidad y calidad necesaria para su producción y reposición a través de programas de reforestación. Además es de un largo periodo fenológico para la obtención de semillas, el cual restringiría la posibilidad de abastecimiento y futura reproducción.

En tal sentido la propagación vegetativa es una alternativa viable, que ofrece muchas ventajas si se emplea correctamente y no demanda gran inversión económica. Una de las ventajas que ofrece esta técnica es que evita la dependencia de semillas botánicas. En tal sentido considerando la importancia de la especie y el hecho que aún no existen resultados de investigaciones en enraizamiento por estacas juveniles, planteamos definir la característica de la estaca más apropiada para su enraizamiento, haciendo uso del ácido indolbutírico y de una tecnología sencilla y económica como es la utilización del propagador de subirrigación.

La hipótesis del estudio es que al menos un sustrato y una dosis de ácido indolbutírico tendrán un mejor efecto en el éxito del enraizamiento de estacas juveniles de quinilla.

II. OBJETIVOS

- Determinar el efecto de tres sustratos sobre el enraizamiento de las estaquillas de quinilla *Manilkara bidentata* (A.DC.), utilizando propagadores de subirrigación.
- Determinar el efecto de cuatro dosis de AIB sobre el enraizamiento de las estaquillas de quinilla *Manilkara bidentata* (A.DC.) utilizando propagadores de subirrigación.
- Evaluar las condiciones ambientales en el propagador de subirrigación durante el proceso de enraizamiento de quinilla *Manilkara bidentata* (A.DC.).

III. METODOS

Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el vivero del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) San Martín, ubicado en el distrito de Morales, Provincia y Departamento de San Martín; cuyas coordenadas UTM son: N 9283654 y E 0347742 a una altitud de 332 m.s.n.m..

Metodología

Evaluación de enraizamiento (%)

Se evaluó, contando el número de estacas enraizadas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición. Se consideró como estaca enraizada la que presentó al menos una raíz de 2 mm de largo.

Evaluación del número de raíces por estaca

Se evaluó, contando el número de raíces/estacas en base al total de unidades experimentales por tratamiento y repetición.

Evaluación de longitud de raíz mayor (cm)

Se evaluó, midiendo con vernier milimetrado la longitud de la raíz más larga, en base al total de unidades por tratamiento y repetición.

Diseño Experimental

En el presente trabajo de investigación se utilizó el diseño completo al azar con parcelas divididas (DCA y PD) en donde las parcelas grandes corresponderán a los sustratos y las parcelas pequeñas a las dosis de AIB.

Se probaron tres sustratos (arena gruesa, media y fina) influenciados por cuatro soluciones hormonales de ácido Indol-3-Butírico AIB (0, 0.2, 0.4 y 0.8%), cuyas combinaciones hacen un total de 12 tratamientos, con 04 repeticiones que hacen un total de 48 unidades

experimentales. Cada 06 estacas juveniles es una unidad experimental. Los resultados de enraizamiento (%), número de raíces, Longitud de raíz mayor, fueron evaluados en el programa Microsoft Excel 2007 y sometidos a un análisis de variancia y prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0.01$ y $p \leq 0.05$) empleando el procedimiento GLM (Modelo general lineal) en el programa SAS V7.2 (SAS Institute Inc.), los datos de porcentaje fueron transformados convenientemente mediante la fórmula $\arcsen \sqrt{\frac{\%}{100}}$ y datos de conteo transformados a $\sqrt{x + 1}$. (SNEDECOR y COCHRAN 1980).

Cuadro 1: Tratamientos en estudio

Tratamiento	Clave	Sustrato	Dosis de AIB
T ₁	a ₁ b ₁	Arena gruesa	0.0 %
T ₂	a ₁ b ₂	Arena gruesa	0.2 %
T ₃	a ₁ b ₃	Arena gruesa	0.4 %
T ₄	a ₁ b ₄	Arena gruesa	0.8 %
T ₅	a ₂ b ₁	Arena media	0.0 %
T ₆	a ₂ b ₂	Arena media	0.2 %
T ₇	a ₂ b ₃	Arena media	0.4 %
T ₈	a ₂ b ₄	Arena media	0.8 %
T ₉	a ₃ b ₁	Arena fina	0.0 %
T ₁₀	a ₃ b ₂	Arena fina	0.2 %
T ₁₁	a ₃ b ₃	Arena fina	0.4 %
T ₁₂	a ₃ b ₄	Arena fina	0.8 %

IV. RESULTADOS y DISCUSIONES

4.1. Porcentaje de enraizamiento

En cuanto a la prueba de Tukey (Cuadro 2) para el efecto principal tipo de sustrato (A), se puede indicar que no hubo diferencias significativas entre arena media y arena fina presentando una mayor y mejor respuesta de enraizamiento (67.71%), diferenciándose estas de arena gruesa que presentó menor y bajo enraizamiento con 16.67% respectivamente. Estos resultados concuerdan con Mesén (1992), donde el mejor resultado de enraizado se da en arena media en la especie forestal de *Gmelina arborea*. También se menciona que la arena media como medio de enraizamiento a dado buenos resultados con la mayoría de las especies, siendo más conveniente en el último caso, es posible que se deba al mejor balance entre aireación y humedad de las partículas de arena media en comparación arena gruesa (Mesén 1998).

Cuadro 2. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente al porcentaje de enraizamiento evaluados a los 30 días.

Factores	Enraizamiento (%)		
Tipos de sustrato (A)			
a ₂ Arena media	67.71%	(1.02) ^{1/}	a [‡]
a ₃ Arena fina	67.71%	(1.01)	a
a ₁ Arena gruesa	16.67%	(0.36)	b
Dosis de AIB (B)			
b ₄ 0.8 %	61.11%	(0.95)	a
b ₂ 0.2 %	61.11%	(0.95)	a
b ₃ 0.4 %	48.61%	(0.77)	a b
b ₁ 0.0 %	31.94%	(0.53)	b

^(1/) Datos transformados $\arcsen \sqrt{\%}$, [‡]Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

En el cuadro 2, según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el factor principal dosis de AIB, se observa que el mayor porcentaje de enraizamiento se obtuvo con las dosis 0.8 y 0.2% con 61% en ambos

tratamientos, diferenciándose estadísticamente del tratamiento sin aplicación de AIB con 31.94%. Estas diferencias podrían deberse a que las plantas poseen varios mecanismos que reducen o anulan la efectividad de la auxina natural ácido indolacético (AIA), conjugándolo con otros compuestos o destruyéndolo, lo cual no sucede con el ácido indolbutírico (AIB) (BLAZICH, 1988). Al parecer, la mayor habilidad de enraizamiento en las estacas tratadas con AIB está relacionada con el incremento de la actividad cambial subsecuente aumento del tejido parenquimáticas de mayor actividad metabólica en las estacas, circunstancia que puede incidir favorablemente en la disponibilidad de carbohidratos solubles durante el proceso de enraizamiento, efecto conocido para las auxinas (VIEITEZ et al., 1980). haissig, 1974; leakey et al., 1982 citado por NÚÑEZ (1997) menciona sus efectos directos sobre la división celular asociados con un aumento en la tasa de transporte de carbohidratos y cofactores foliares a la base de las estacas donde promueven la iniciación y desarrollo de las raíces. Dichos efectos se pudieron observar en el mayor porcentaje de enraizamiento en las estacas de quinilla tratadas con AIB. Actualmente está bien establecido que los metabolitos y otros cofactores de crecimiento se translocan hacia las regiones tratadas con auxinas (PHILLIPS, 1975). Otro efecto de las auxinas a la base de la estaca asociado con la formación de raíces, es su capacidad de estimular la síntesis de ADN en ciertas células (GASPAR y HOFINGER, 1988).

Cuadro 3. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los efectos principales (A) y (B) en el porcentaje de enraizamiento evaluado a los 30 días.

Trat.	Descripción de tratamientos	Enraizamiento (%)		
T ₈	Arena media + 0.8%	83.33%	(1.27) ^{1/}	a [‡]
T ₆	Arena media + 0.2%	83.31%	(1.21)	a
T ₁₀	Arena fina + 0.2%	79.17%	(1.17)	a b
T ₁₁	Arena fina + 0.4%	70.83%	(1.08)	a b
T ₇	Arena media + 0.4%	70.82%	(1.03)	a b
T ₁₂	Arena fina + 0.8%	70.81%	(1.01)	a b
T ₉	Arena fina + 0.0%	50.00%	(0.80)	a b c
T ₅	Arena media + 0.0%	37.50%	(0.59)	a b c
T ₄	Arena gruesa + 0.8%	29.17%	(0.56)	a b c
T ₂	Arena gruesa + 0.2%	20.83%	(0.47)	b c
T ₁	Arena gruesa + 0.0%	8.33%	(0.21)	c
T ₃	Arena gruesa + 0.4%	8.33%	(0.21)	c

^(1/) Datos transformados arcsen ($\sqrt{\%}$), [‡]Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas ($p<0.05$) entre ellas.

Cuadro 3, se observa que el tratamiento T8 (arena media al 0.8% de AIB) fue el que superó y presentó el mejor comportamiento, alcanzando el mayor porcentaje de enraizamiento (83.33%), seguido del tratamiento T6 (arena media al 0.2% de AIB) con 83.31%. Este mayor porcentaje de enraizamiento en estaquillas de quinilla se debe posiblemente a una concentración adecuada de hormona acelerando la formación y el crecimiento inicial de las raíces adventicias, habiendo un equilibrio con el tipo de sustrato por sus diferentes características mencionadas anteriormente.

Corroborando con Leakey, 1987 citado por GUTIÉRREZ 2003, un buen sistema de enraizamiento se considera cuando es superior al 70 %.

Los beneficios de la aplicación de auxinas sobre la formación de raíces en las estacas es bien reconocido (HARTMANN Y KESTER 1997). Además de los efectos directos de la auxina sobre la división y el crecimiento celular, han sido asociados con un aumento en el transporte de carbohidratos y cofactores hacia la base de la estaca, donde promueven la iniciación y el desarrollo de raíces (MESÉN, 1998).

Bajo las condiciones de Tarapoto registrando un rango de 66 a 89%. Esta alta humedad relativa tiene influencia directa sobre las estacas de quinilla, que logran mantener una condición de turgencia a lo largo del periodo de enraizamiento.

Otro factor es la temperatura; el rango de temperatura del aire y del sustrato dentro del propagador fue de 23-29 °C y 24-31 °C (Cuadro 2). LEAKEY y MESÉN (1991) indican que las temperaturas bajas son importantes por dos razones: i) las tasas de evaporación son menores, y ii) la capacidad de retención de agua del aire (humedad) es dependiente de la temperatura, por lo cual las temperaturas bajas ayudan a evitar el estrés hídrico al mantener la humedad relativa alta.

La temperatura ambiental óptima para el enraizamiento varía según la especie (HARTMANN y KESTER, 1997). BOTTI (1999), señala que la mayoría de las especies requieren rangos diurnos de 20 a 27 °C, mientras (HARTMANN y KESTER, 1997) restringen el rango de 21 a 27 °C. La temperatura nocturna ideal debe estar alrededor de los 15 °C (HARTMANN Y KESTER, 1997; BOTTI, 1999).

Muchas especies logran mayores porcentajes de enraizamiento y en menor tiempo cuando la temperatura del sustrato se mantiene entre 25 y 28°C en los primeros 15 a 20 días, para luego disminuirla a entre 18 y 20°C. Esta condición puede llegar a ser decisiva en el proceso de enraizamiento para algunas especies vegetales (BOTTI, 1999).

Adicionalmente, el sustrato es otro factor importante que afecta el enraizamiento. LOACH (1988) indica que cada especie tiene sus requerimientos particulares en cuanto a sustrato de enraizamiento, aparentemente asociado al balance entre agua y aire del mismo. Para el enraizamiento de quinilla se utilizó arena como sustrato que ha mostrado un buen comportamiento, es posible que se deba al mejor balance entre aireación y humedad de las partículas de arena al influir en la disponibilidad de oxígeno que pueda haber en la base de la estaca, donde las raíces son formadas (WRIGTH, 1964). Durante el enraizamiento, el oxígeno funciona como un receptor de electrones en la respiración e influye en la bioquímica de la mitosis, la cual permite expansión celular y por ende, el crecimiento inicial de las raíces (HAISSIG, 1986). El agua es esencial para mantener la presión de turgencia, la cual permite la expansión celular y por ende, el crecimiento inicial de las raíces (LOACH, 1988). Adicionalmente, el exceso de agua alrededor de la base de la estaca funciona como una barrera para la difusión del oxígeno, causando en el peor de los casos, anoxia y muerte de los tejidos (LOACH, 1986), el agua llega a desplazar el aire de los poros no capilares del suelo y produce una deficiencia en oxígeno (KRAMER, 1983). Además, una reducción en el nivel de oxígeno en el medio provoca el cierre de los estomas (ERSTAD y GISLEROD, 1994) lo cual influye en el enraizamiento al reducir la toma de CO₂ limitando la fotosíntesis.

4.2. Número de raíces

Cuadro 4. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente al número de raíces evaluados a los 30 días.

Factores	Número de raíces		
Tipos de sustrato (A)			
a ₂ Arena media	2.70	(1.88) ^{1/}	a [‡]
a ₃ Arena fina	2.61	(1.88)	a
a ₁ Arena gruesa	1.94	(1.64)	a
Dosis de AIB (B)			
b ₄ 0.8 %	2.92	(1.95)	a
b ₂ 0.2 %	2.87	(1.94)	a
b ₃ 0.4 %	2.69	(1.87)	a
b ₁ 0.0 %	1.17	(1.44)	b

^(1/) Datos transformados ($\sqrt{x + 1}$), [‡]Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

Prueba de Tukey (Cuadro N° 4) para el efecto principal tipos de sustrato (A), no existen diferencias estadísticas significativas entre ellas. Aunque numéricamente, arena media fue la que presentó mayor

número de raíces adventicias (2.70 raíces por estaca en promedio), seguida de arena fina y arena gruesa (2.61 y 1.94 raíces en promedio respectivamente)

La prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el factor dosis de AIB (Cuadro N° 4), muestra que no existen diferencias estadísticas a las estacas que han sido tratadas con AIB al 0.8, 0.2 y 0.4% respectivamente. Aunque numéricamente la dosis 0.8% de AIB fue la que presentó en promedio el mayor número de raíces adventicias (2.92 raíces). El número promedio de raíces por estaca, mostró la típica tendencia creciente al aumentar la dosis de AIB, como se ha observado en muchas otras especies tropicales (MESÉN, 1993; MESÉN et. al., 1996b) tales como en estacas de *Cordia alliodora* (MESÉN et. al., 1997b); *Vochisia guatemalensis* (MESÉN et. al., 1996b) y *Khaya ivorensis* (TCHOUNDJEU y LEAKEY, 1996). Esto indica que la aplicación de AIB aceleró la formación y el crecimiento inicial de las raíces adventicias en las estacas de quinilla. Este incremento en el número de raíces puede estar relacionado con la función del ácido indolbutírico de promover la movilización de carbohidratos de hojas y de tallo a la base de las estacas (HAISSIG, 1986). Según VEIERSKOV et al., (1982), una de las funciones de los carbohidratos en algunas especies es la de producir un incremento en el número de raíces por estaca. En todos los casos las raíces emergieron de la parte lateral de las estacas. Esta tendencia posiblemente se relacione con la hipótesis de que cada una de las fases sucesivas que ocurren durante el proceso de enraizamiento es fisiológicamente diferente, como lo es también, la necesidad de auxina en cada fase (GASPAR y HOFINGER 1988). Se observó además en las estacas de quinilla no tratadas con AIB, un número inferior de raíces emergidas indicando con ello que existió cierta liberación y traslocación de auxinas endógenas.

Cuadro 5. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los efectos principales (A) y (B) en el número de raíces evaluado a los 30 días.

Trat.	Descripción de tratamientos	Número de raíces		
T ₈	Arena media + 0.8%	3.77	(2.16) ^{1/}	a [‡]
T ₇	Arena media + 0.4%	3.59	(2.14)	a
T ₁₁	Arena fina + 0.4%	3.40	(2.11)	a b
T ₂	Arena gruesa + 0.2%	3.48	(2.08)	a b
T ₁₀	Arena fina + 0.2%	2.88	(1.96)	a b
T ₁₂	Arena fina + 0.8%	2.75	(1.93)	a b
T ₆	Arena media + 0.2%	2.23	(1.79)	a b
T ₄	Arena gruesa + 0.8%	2.25	(1.75)	a b
T ₉	Arena fina + 0.0%	1.33	(1.52)	a b
T ₅	Arena media + 0.0%	1.19	(1.45)	a b
T ₁	Arena gruesa + 0.0%	1.00	(1.37)	b
T ₃	Arena gruesa + 0.4%	1.00	(1.37)	b

^(1/) Datos transformados $\sqrt{x + 1}$, [‡]Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

La interacción entre el tipo de sustrato y la dosis de ácido indolbutírico Cuadro N° 5 en el número de raíces, la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$), demuestra que los tratamientos (T8, T7), no se diferencian estadísticamente entre sí, sin embargo resultan ser superiores a los demás tratamientos puesto que son los que logran obtener el mayor número de raíces; Así mismo para este parámetro evaluado el comportamiento de la arena gruesa con bajas dosis de AIB no resulta ser más influyente en la generación de raíces.

Leakey, 1987, citado por GUTIÉRREZ (2003), menciona que es deseable que las estacas tengan muchas raíces, pero tres raíces bien ramificadas y distribuidas alrededor de las estacas son suficientes. En un estudio realizado en *Crytomeria japonica*, el número de raíces por estacas estuvo inversamente relacionado con el contenido volumétrico de agua en el medio, sugiriendo que el exceso de agua actúa como barrera para la difusión del oxígeno (Loach, 1986, citado por NÚÑEZ, 1997).

El número de raíces producidas por las estacas es altamente influenciado por la habilidad de la estaca a suplir carbohidratos, ya sea de reserva o producido mediante fotosíntesis, al área donde surgen las raíces (LOVELL y WHITE 1986, MOE y ANDERSEN 1988, VEIRSKOV y ANDERSEN 1982). Por lo tanto, una vez que la estaca enraíza, las dosis crecientes de AIB mediante sus reconocidos efectos sobre la división celular y el transporte de sustancias hacia la base de la estaca, permiten el desarrollo de un mayor número de raíces, como se presentó en el siguiente estudio.

Otro factor que afecta el enraizamiento es la irradiación; en el ambiente del propagador ha sido identificado como uno de los factores de mayor influencia en el enraizamiento de estacas con hoja (LOACH, 1977; LOACH y WHALLEY, 1978; LOACH y GAY, 1979; FRENCH y LINN, 1984; GRANGE y LOACH, 1985). La irradiación en el ambiente afecta primeramente la turgencia de las hojas y la producción de carbohidratos requeridos para la iniciación y crecimiento de las raíces (GRANDE y LOACH, 1985). La irradiación no debería ser tan alta como para inhibir el enraizamiento a través de sus efectos sobre la acumulación de azúcares y pérdida de turgencia, pero debería ser suficiente para permitir la producción fotosintética de carbohidratos para la iniciación y crecimiento de las raíces (GRANGE y LOACH, 1985; LOACH, 1988). Es por ello que para el experimento se utilizó una malla sombreadora al 20% de traspaso de luz, además las hojas de las estacas de quinilla se podaron para reducir la transpiración, pero permitir al mismo tiempo cierta actividad fotosintética durante el periodo de enraizamiento de 30 días.

4.3. Longitud de raíz mayor

Cuadro 6. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el efecto principal tipo de sustrato (A) y dosis de ácido indolbutírico (B) correspondiente a la longitud de raíz mayor evaluados a los 30 días.

Factores	Longitud de raíz mayor (cm)		
Tipos de sustrato (A)			
a ₂ Arena media	2.07	a [‡]	
a ₃ Arena fina	2.04	a	
a ₁ Arena gruesa	1.14	b	
Dosis de AIB (B)			
b ₄ 0.8%	2.44	a	
b ₃ 0.4%	1.89	a b	
b ₂ 0.2%	1.63	b c	
b ₁ 0.0%	1.02	c	

[‡]Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas ($p<0.05$) entre ellas.

En cuanto a la prueba de Tukey (Cuadro N° 6) para el efecto principal tipos de sustrato (A), no existen diferencias estadísticas significativas entre arena media y arena fina, pero sí estas con arena gruesa; alcanzando en promedio mayor longitud de raíz el sustrato arena media con 2.07 cm y menor longitud el sustrato arena gruesa con 1.14 cm. Esto se debe a que hay una mayor porosidad y por lo tanto una mayor aireación que contribuye al alargamiento celular. Cabe destacar que el balance óptimo entre capacidad de retención de agua y aireación varía entre las especies, aunque la arena media (2 mm) en términos generales siempre da resultados más satisfactorios (LEAKEY y MESÉN 1991). Adicionalmente, el exceso de agua alrededor de la base de la estaca funciona como una barrera para la difusión del oxígeno, causando en el peor de los casos, anoxia y muerte de los tejidos (LOACH 1986). Además, una reducción en el nivel de oxígeno en el medio provoca el cierre de los estomas (ERSTAD y GISLEROD 1994) lo cual reduce el enraizamiento al limitar la fotosíntesis.

La prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para el factor dosis de AIB (Cuadro N° 6), muestra que existen diferencias estadísticas significativas en las estaquillas que fueron tratadas y no tratadas con AIB. La longitud de raíz mostró la típica tendencia creciente al aumentar la dosis de AIB, destacando la dosis 0.8% con mayor longitud (2.44 cm). Esto indica que la aplicación de AIB en mayor dosis aceleró la

formación y el crecimiento inicial de las raíces adventicias en las estacas de quinilla. Este incremento en la longitud puede estar relacionado con la función del ácido indolbutírico de promover la movilización de carbohidratos de hojas y de tallo a la base de las estacas (HAISSIG, 1986).

Cuadro 7: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los efectos principales (A) y (B) para longitud de raíz mayor evaluado a los 30 días.

Trat.	Descripción de tratamientos	Longitud de raíz mayor (cm)	
T ₈	Arena media + 0.8%	(2.94)	a [‡]
T ₇	Arena media + 0.4%	(2.88)	A
T ₆	Arena media + 0.2%	(2.50)	a b
T ₁₀	Arena fina + 0.2%	(2.27)	a b c
T ₁₁	Arena fina + 0.4%	(2.10)	a b c
T ₁₂	Arena fina+ 0.8%	(1.61)	a b c
T ₄	Arena gruesa + 0.8%	(1.57)	a b c
T ₉	Arena fina + 0.0%	(1.50)	a b c
T ₂	Arena gruesa + 0.2%	(1.49)	a b c
T ₁	Arena gruesa + 0.0%	(0.96)	b c
T ₅	Arena media + 0.0%	(0.61)	b c
T ₃	Arena gruesa + 0.4%	(0.53)	c

[‡]Valores promedio en una misma columna seguida por diferente letra indican diferencias significativas ($p<0.05$) entre ellas.

Para la interacción (tipo de sustrato por dosis de AIB) de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) (Cuadro 7), se observa que no existen diferencias significativas entre los tratamientos T₈, T₇, T₆, T₁₀, T₁₁, T₁₂, T₄, T₉, y T₂ pero sí estas con el tratamientos T₃.

El tratamiento T₈ reportó numéricamente mayor longitud de raíz con 2.94 cm seguida del tratamiento T₇ con 2.88 cm de raíz y con menor número de raíces el tratamiento T₃ con 0.53 cm.

V. CONCLUSIONES

- El sustrato para el enraizamiento de estacas de quinilla, más propicio fue el de arena media, registrándose con mejor efectividad o capacidad para generar enraizamiento.
- Con la aplicación de ácido indolbutírico (AIB) a 0.8% se obtuvo en promedio el mayor porcentaje de enraizamiento, número de raíces y longitud de raíz mayor y sin la aplicación de ácido indolbutírico (AIB) se obtuvo en promedio el menor porcentaje de enraizamiento, número de raíces y longitud de raíz.
- La influencia de factores como humedad relativa en un rango (66 - 89 %), temperatura del ambiente (23 – 29 °C), temperatura de sustrato (24 – 31 °C) y la intensidad luminosa entre un rango de (0,80 – 157,0 lux) dentro del propagador de sub irrigación, garantiza el enraizamiento de estaquillas de quinilla.

VI. RECOMENDACIONES

- Se sugiere utilizar arena media como sustrato y dosis de 0.8% de ácido indolbutírico para el enraizamiento de estaquillas de quinilla.
- Realizar nuevas investigaciones con quinilla evaluando longitud de estaquillas, niveles de área foliar, edad y grado de lignificación del brote, fases lunares.

- Se recomienda la utilización de los propagadores de subirrigación como cámaras para propiciar el enraizamiento de estaquillas de quinilla.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BLAZICH, F. 1988. Chemicals and Dormulations used to promote adventitious rooting. In: Davis, T; Haissig, BE; Sankhla, N (eds). Adventitious root formation in cuttings. Protiand, Oregon P. p 132-149.
2. BOTTI, C. 1999. Principios de la propagación y técnicas de propagación por estacas. En: Manejo tecnificado de invernaderos y propagación de plantas. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. p 72-82.
3. BRAUDEAU, J. 1981. El Cacao. Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Blume Distribuidora S. A. Casas Grandes N° 69. México – D. F. 296 p.
4. CABELLO, A. 2000. Propagación Asexual. Apuntes de Clases N° 2. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 10 p.
5. CUCULIZA, P. 1956. Propagación de plantas. Lima. Perú. Talleres gráficos YF. L. Villanueva. 340 p.
6. DIAZ ERA, SALAZAR R, MESEN F. 1991. Enraizamiento de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. Silvoenergía, 51. 4 p.
7. DOUGLAS A., DONALD M., JAMES F., y STANLEY R., 2005. Fundamentos de Química Analítica. Octava Edición. International Thomson Editores S.A. Pág. 76.
8. FANEGO, A. 2006. Aportes a la metodología de propagación de *Bougainvillea glabra* Choisy. Tesis presentada en opción del título académico de “Master en Ciencias Agrícolas”, Universidad Agraria de la Habana por el profesor Rodríguez Pérez. 56 p.
9. GUTIERREZ, M. 2003. Propagación del burío (*Heliconia appendiculatus* Turcz.) por semillas, estacas y acodos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 120 p. [En línea]. CATIE. (<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0315e/A0315e.pdf#pagemode=bookma>). Doc. 26 de setiembre 2008).
10. HARTMANN, T. y KESTER, E. 1996. Propagación de plantas: principios y prácticas. Editorial continental S.A. México. 814 p.
11. JARVIS, BC. 1986. Endogenous control of adventitious rooting in now – wood. In: Jackson. MB. New root formation in plants and cuttings. Direct. NE. Martinus Nijhoff Publishers. p. 191-221.
12. KAINS, M. y McQUESTEN, L. 1993. Propagation of plants. New York. USA. Orange Judo Publishing Company, INC. 639 p.
13. LEAKEY RRB, MESÉN F. 1991. Métodos de propagación vegetativa en árboles tropicales: enraizamiento de estacas suculentas. Capítulo 10. In Manual sobre Mejoramiento Genético Forestal con Referencia Especial a América Central. Cornelius JP, Mesén F, Corea E (eds.), Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 135-153.
14. LEAKEY RRB, MESÉN F. 1991. Estrategia de silvicultura para especies forestales tropicales. Capítulo 11. In Manual sobre Mejoramiento Genético Forestal con Referencia Especial a América Central. Cornelius JP, Mesén F, Corea E (eds.), Proyecto Mejoramiento Genético Forestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 155-170.

15. MESEN, F. 1988. Propagación vegetativa de *Araucaria hunsteinii* Sch. mediante enraizamiento de estacas. Tesis Ing. agrónomo. Turrialba. universidad de Costa rica. 77p.
16. MESEN, F. 1993. Vegetative propagation of Central American hardwoods. Thesis Ph.D. Edinburgh, Scotland, University of Edinburgh. Institute of Terrestrial Ecology. 231 p.
17. MESEN F, LEAKEY RRB, NEWTON AC. 1996. Propagadores de subirrigación: un sistema simple y económico para la propagación vegetativa de especies forestales. In Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina. Memorias, Salazar R (ed.), Managua, Nicaragua, 16-20 de octubre 1995. pp. 101-110.
18. MESEN, F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 36 p.
19. ROCHA, G. 1998. Manual de propagación de plantas. Segunda Edición. Editorial Ateneo. Buenos Aires, Argentina. 209 p.
20. ROJAS, S. GARCIA, J. ALARCON, M. 2004. Propagación Asexual de Plantas. Conceptos Básicos y Experiencias con Especies Amazónicas. CORPOICA/PRONATA/MADR. Colombia. 55 p.
21. SALISBURY, F. y ROSS, W. 2000. Fisiología de las plantas. Ed. Paraninfo. Madrid, España. 988 p.
22. SANDOVAL, A. 1997. Propagación vegetativa de *Eucalyptus globulus* a través del enraizamiento de estacas. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. 50 p.
23. SANTELICES, R. 1998. Propagación vegetativa del Hualo, (*Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser), mediante estacas procedentes de rebrotes de tocón. Tesis Magister en Ciencias Forestales, Mención Manejo Forestal. Escuela de Postgrado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 93 p.
24. SEVILLA y HOLLE, 2004. Recursos Genéticos Vegetales. Primera edición. Edit. Torre Azul SAC. Lima, Perú. 445 p.
25. ZOBEL, B. y TALBERT, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México. Ed. Limusa. 554 p