UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
Carrera de Ingeniería Agronómica

ESTANDARIZACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE MULTIPLICACIÓN CLONAL DE PORTAINJERTOS DE AGUACATE (*Persea americana* Miller). TUMBACO, PICHINCHA.

TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA

CINTYA LUCELIA PILLAJO ALVARADO

QUITO – ECUADOR

2013

DEDICATORIA

A Dios, por crear este mundo en el que compartimos la alegría de transformar nuestros sueños en realidad.

A mi hijo Sahid Alexander, porque me dio un motivo muy grande para amar, el aliento para seguir adelante y la fe para levantarme después de cada tropiezo.

A Mario, por su apoyo incondicional, por su amor infinito y porque me enseñó que la fortaleza solo existe en las personas con la voluntad de alcanzar el éxito.

A Germania, por darme la vida, porque sus oraciones guiaron mi camino y por demostrar su amor en los momentos más difíciles.

A mis hermanas, porque me enseñaron que en la vida las personas que verdaderamente te aprecian están junto a ti cuando las necesitas.

A mi hermanos Mario Andrés, Damiano y Dariam, porque sin sus travesuras la vida no tendría sonrisas.

A mis abuelitos, porque su ejemplo de vida y de lucha conservará siempre dentro de mí el espíritu de libertad y el anhelo de justicia.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Central del Ecuador y a la Facultad de Ciencias Agrícolas por albergarme en sus aulas durante este tiempo y por llenar mi cabeza de enormes conocimientos.

A mis profesores por contribuir fuertemente a mi educación, por ayudarme a crecer y a encontrar mi lugar en el mundo.

Al Programa de Fruticultura del INIAP, al Dr. Wilson Vásquez por darme la oportunidad de aprender, al Ing. Pablo Viteri por la colaboración brindada para que este trabajo culmine con éxito.

Al Ing. Juan León por su contribución oportuna en el trabajo de campo y en la entrega de esta investigación.

A mis amigas tesistas; Yess, Jenny, Viviana y de forma especial a Karina por compartir conmigo el trabajo, la alegría y por brindarme su amistad y apoyo en los tiempos difíciles.

A mis amigos y amigas; Cris, Vane, Mary, Santi, Blanca, Sebas, Israel, Orlando, Mary Chile, Marco, Lore, Vivi, Diani, Mayrita, Ale, Juan, Edwin, Guido, Julio, Soraya, Karina, Diana M., Paulina, Yoly, Fer, Alex, Eddy, Jhonny, por dejarme entrar en sus vidas y con quienes compartí momentos agradables y experiencias inolvidables.

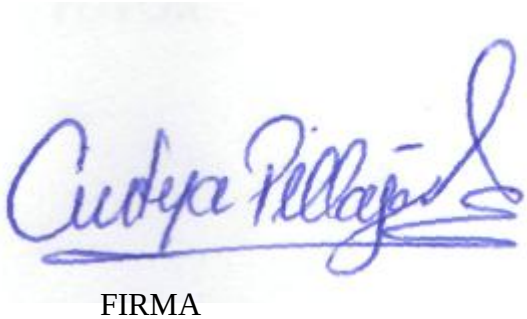
A mis primas, Bonny, Taty, Any, Chela, Jenith, con quienes he compartido alegrías y tristezas, pero sobre todo muchas sonrisas.

AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL

Yo, Cintya Lucelia Pillajo Alvarado. En calidad de autora del trabajo de investigación o tesis realizada sobre "**ESTANDARIZACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE MULTIPLICACIÓN CLONAL DE PORTAINJERTOS DE AGUACATE (*Persea americana* Miller). TUMBACO, PICHINCHA." ("STANDARDIZATION OF A METHODOLOGY CLONAL MULTIPLICATION OF ROOTSTOCKS AVOCADO (*Persea americana* Miller). TUMBACO, PICHINCHA")**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8,19 y además pertinentes de la ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Quito, a 18 de febrero de 2013.



FIRMA
C.C: 1717632168

CERTIFICACIÓN

En calidad de autor del trabajo de graduación cuyo título es: "ESTANDARIZACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE MULTIPLICACIÓN CLONAL DE PROTAINJERTOS DE AGUACATE (*Persea americana* Miller). TUMBACO, PICHINCHA." Presentado por la señorita **CINTYA LUCELIA PILLAJO ALVARADO**, previo a la obtención del Título de Ingeniera Agrónoma, considero que el proyecto reúne los requisitos necesarios.

Tumbaco, 18 de febrero de 2013.

Ing. Agr. Juan León Fuentes, M. Sc.
TUTOR

Tumbaco, 18 de febrero de 2013.

Ingeniero
Juan León Fuentes
DIRECTOR DE CARRERA
DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
Presente

Señor Director:

Luego de las revisiones técnicas realizadas por mi persona del trabajo de graduación "ESTANDARIZACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE MULTIPLICACIÓN CLONAL DE AGUACATE (*Persea americana* Miller). TUMBACO, PICHINCHA. Llevado a cabo por parte de la señorita egresada **CINTYA LUCELIA PILLAJO ALVARADO** de la Carrera de Ingeniería Agronómica, ha concluido de manera exitosa, consecuentemente la indicada estudiante podrá continuar con los trámites de graduación correspondientes de acuerdo a lo que estipula las normativas y disposiciones legales.

Por la atención que se digne dar a la presente, reitero mi agradecimiento.

Atentamente,

Ing. Agr. Juan León Fuentes, M. Sc.
TUTOR

ESTANDARIZACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE MULTIPLICACIÓN CLONAL DE PORTAINJERTOS DE AGUACATE (*Persea americana* Miller). TUMBACO, PICHINCHA.

APROBADO POR:

Ing. Agr. Juan León, M. Sc.

TUTOR DE TESIS _____

Ing. Agr. Mario Lalama, M. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL _____

Ing. Agr. Carlos Vallejo, M. Sc.

PRIMER VOCAL _____

Ing. Agr. Valdano Tafur

SEGUNDO VOCAL _____

2013

CONTENIDO

CAPÍTULO **PÁGINAS**

1. INTRODUCCIÓN ……1

1.1 Objetivos 2
1.1.1 Objetivo General. 2
1.1.2 Objetivos Específicos 2

2. REVISIÓN DE LITERATURA..... 4

2.1 Cultivo de Aguacate..... 4
2.2 Situación del Cultivo en el Ecuador..... 4
2.3 Problemas que Afectan la Producción de Aguacate 6
2.4 Portainjertos Tolerantes a otros Problemas de Suelo y Ambiente 7
2.5 Elección del Portainjerto 8
2.6 Propagación de Aguacate..... 9
2.7 Propagación Clonal de Portainjertos de Aguacate 12
2.8 Experiencias y Técnicas de Propagación Clonal de portainjertos 15
2.9 Técnicas que Promueven el Enraizamiento 18
2.10 Relación de las hojas con la formación de raíz 24
2.11 Factores Involucrados en el Proceso de Enraizamiento 24
2.12 Ventajas y desventajas de la propagación clonal 26

3. MATERIALES Y MÉTODOS 28

3.1 Características del Área Experimental 28
3.2 Materiales y Equipos..... 29
3.3 Metodología 30

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 41

5. CONCLUSIONES 67

6. RECOMENDACIONES 68

7. RESUMEN..... 69

SUMMARY 72

8. BIBLIOGRAFÍA..... 75

9. ANEXOS. ……81

LISTA DE ANEXOS

ANEXO **PÁG.**

1. Metodología propuesta para la multiplicación clonal de portainjertos de aguacate bajo condiciones locales….....81

2. Tiempo aproximado para la obtención de un portainjerto clonal bajo condiciones locales, en base a la metodología propuesta en este ensayo……..81

3. Proceso de preparación de 100 ml de la solución de ácido indolbutírico (10 000 ppm).…….82

4. Informe de diagnóstico del análisis micológico de brotes etiolados.…….82

5. Datos tomados para la variable días al inicio de la brotación del injerto Duke 7, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012. ……83

6. Datos tomados para la variable número de brotes emitidos por planta, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012…….....84

7. Datos tomados para la variable número de brotes etiolados por planta, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012…….....85

8. Datos tomados para la variable porcentaje de brotes etiolados por planta, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012……86

9. Datos tomados para la variable tamaño de brotes etiolados, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012…….....87

11. Datos tomados para 7 variables, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.……89

ANEXO **PÁG.**

12. Datos tomados para 4 variables, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012…….90

13. Datos tomados para la variable días a la obtención de raíces, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.……91

14. Fotografías del ensayo Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.…….92

LISTA DE CUADROS

CUADROS **PÁG.**

1. Superficie cultivada y producción de aguacate en el país. Ecuador, 2002…….4

2. Exportaciones de aguacate para el período enero 2007 – diciembre 2011. Toneladas y miles de dólares……..5

3. Características de tolerancia de portainjertos de aguacate a problemas de suelo. ..7

4. Esquema del Análisis de Variancia para la evaluación de dos tipos de ramilla de injertación de aguacate (*Persea americana* Miller) Duke 7 en la producción de brotes etiolados en cuarto oscuro. Tumbaco, Pichincha. 2012…….31

5. Tratamientos para el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012……36

6. Esquema del Análisis de Variancia en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012……37

7. Análisis de la Varianza para tres variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012……41

8. DMS al 5 % en el análisis de los tratamientos para tres variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012……42

9. Análisis de la Varianza para tres variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012……44

10. DMS al 5 % en el análisis de los tratamientos para tres variables en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012……45

11. Promedios del número total de brotes etiolados para iniciar el proceso de enraizamiento en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012……...46

CUADROS **PÁG.**

12. Análisis de la Varianza para tres variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012…… 47

13. Promedios y pruebas de significación para tres variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012……49

14. Promedios del porcentaje de brotes enraizados, brotes que formaron callo y brotes que no formaron estructuras en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012……53

15. Análisis de la Varianza para dos variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012…… 55

17. Análisis de la Varianza para dos variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012…… 58

18. Promedios y pruebas de significación para dos variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012……59

19. Análisis de la Varianza para días a la obtención de raíces en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012……62

20. Pruebas de significación para la variable días a la obtención de raíces en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012……63

21. Costo de producción de 1 000 portainjertos clonales de aguacate (*Persea americana* Miller) de la variedad Duke 7. Tumbaco, Pichincha. 2012…… 64

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO **PÁG.**

1. Promedios del porcentaje de brotes enraizados, brotes que formaron callo y brotes que no formaron estructuras en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.……53

ESTANDARIZACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE MULTIPLICACIÓN CLONAL DE PORTAINJERTOS DE AGUACATE (*Persea americana* Miller). TUMBACO, PICHINCHA.

STANDARDIZATION OF A METHODOLOGY CLONAL MULTIPLICATION OF ROOTSTOCKS AVOCADO (*Persea americana* Miller). TUMBACO, PICHINCHA.

RESUMEN

Con la finalidad de implementar una metodología para propagar clonalmente portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller), se realizó la presente investigación en la Granja Experimental Tumbaco del INIAP; la cual consistió en estudiar el efecto del tipo de ramilla de injertación, dos concentraciones de ácido indolbutírico (AIB) y dos medios de enraizamiento sobre brotes etiolados del cultivar Duke 7. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron número de brotes etiolados, porcentaje de brotes enraizados y días a la obtención de brotes enraizados. De acuerdo a estas variables, se determinó que el tipo de ramilla influye en forma significativa en la obtención de brotes etiolados; siendo la ramilla larga la que obtuvo el mayor número de brotes etiolados (1.42) en comparación con la ramilla corta (1.20). La aplicación de 10 000 ppm de AIB combinado con el medio de enraizamiento que corresponde a la envoltura de papel aluminio fue superior estadísticamente a los demás tratamientos para obtener mayor porcentaje de brotes enraizados (75%) en menor tiempo (53.25 días). Comparando los tratamientos en los que se utilizó anillado de la corteza con el estrangulamiento con alambre de cobre, recomendado usualmente, este presentó resultados bajos e inconsistentes de enraizamiento.

Descriptores: ACODO, AHILAMIENTO, AUXINA, ANILLADO, ESTRANGULAMIENTO.

SUMMARY

With the purpose to implement a methodology to clonally propagate rootstocks of avocado (*Persea americana* Miller), this research was carried out at the INIAP's Experimental Farm in Tumbaco. We studied the effect of grafting twig type, two concentrations of indolbutyric acid (IBA) and two rooting media on etiolated shoots of Duke 7 cultivar. A randomized complete block design with four replications was used. The variables evaluated were number of etiolated shoots, percentage of rooted shoots and days to shoot rooting. According to these variables, it was determined that the type of twig significantly fluences obtaining etiolated shoots, being the longer twig the one which got the highest number of etiolated shoots (1.42) compared to the shorter twig (1.20). The application of 10 000 ppm of IBA combined with the rooting medium in which the aluminum foil wrapper was used was statistically superior to all others treatments to obtain a higher percentage of rooted shoots (75%) in less time (53.25 days). Comparing the treatments in which bark constriction with copper wire was used, which is usually recommended, this showed low and inconsistent results regarding rooting.

Keywords: RUNNER, ETIOLATION, AUXIN, BANDING, CONSTRICTION.

INTRODUCCIÓN

Para el establecimiento de una plantación y con más razón en aguacate, que es una especie muy longeva, el empleo de plantas con el portainjerto y la variedad adaptados a los suelos y condiciones ambientales de la zona y calidad fitosanitaria garantizadas, es la base para el éxito futuro de ésta explotación.

La propagación comercial de cultivares de aguacate se realiza a través de injertos de púa sobre portainjertos de pie franco obtenidos de semilla. El uso de portainjertos de pie franco trae como inconveniente la segregación genética, porque el aguacate es una especie de fecundación cruzada y altamente heterocigótica, (Koller, 1992).

Este hecho trae consigo una gran variabilidad de la progenie, haciendo imposible la perpetuación de características deseables en los portainjertos, como la inducción de enanismo, adaptación a condiciones edáficas y tolerancia a enfermedades, especialmente la "Pudrición de la raíz" causada por *Phytophthora cinnamomi* Rands, (Alves de Oliveira *et al*., 1999).

Dada la alta heterogeneidad que de forma natural presentan los portainjertos obtenidos de semilla, es poco probable conservar alguna característica sobresaliente de algún genotipo, en cuanto a su respuesta a condiciones edáficas adversas; por lo que, se hace necesaria la propagación clonal de estos genotipos de interés, (González y Salazar, 1984).

La necesidad de una propagación clonal surgió entre los viveristas hace más de 40 años; al aparecer los primeros portainjertos tolerantes o resistentes a *Phytophthora cinnamomi*, mantenían la característica de resistencia sólo en un 25% de la progenie al utilizar reproducción sexual. La propagación vegetativa de los portainjertos asegura la perpetuación de las características genéticas de ese cultivar, (Castro, 2009).

La mayor competitividad que enfrenta la industria mundial de aguacate, ha generado una necesidad por la búsqueda de herramientas tecnológicas como el uso de portainjertos clonales para hacer más eficiente la gestión productiva. Las técnicas de etiolación y acodo, son las únicas alternativas de propagación vegetativa implementadas para la producción comercial de portainjertos clonales, (Barrientos *et al*., 1986).

El aguacatero es una especie de difícil enraizamiento, por lo que se han utilizado diferentes metodologías para su propagación clonal, Frolich y Platt (1971), mencionaron la conveniencia de injertar el portainjerto específico sobre plántulas de semilla y obtener estacas con su base etiolada y anillada para promover el enraizamiento.

El uso de la técnica de etiolación, combinada con la aplicación de reguladores de crecimiento, como el ácido indolbutírico (AIB) y anillado de la corteza, ha mejorado significativamente el enraizamiento de estacas en aguacate. Esta técnica parece ser fundamental para el éxito de la propagación vegetativa de portainjertos de aguacate, (Barrientos *et al*., 1986).

El anillado, práctica que consiste en la obstrucción temporal del flujo descendente de fotoasimilados, proporcionando la acumulación de varios metabolitos encima de esta región. El

ácido indolacético (AIA), producido principalmente en los ápices de los brotes y hojas jóvenes es transportado basipetalmente por un mecanismo polar a través del floema y se acumula encima del anillo donde la corteza es retirada, (Mohr y Schopfer, 1995). Estudios realizados por Veierskov (1988), demuestran que el almidón, también producido por las hojas y transportado por el floema, se acumula arriba del anillo y puede estar asociado al número de raíces producido.

Entre las desventajas de este proceso se cuenta su elevado costo, ya que supone un alto requerimiento de mano de obra especializada, infraestructura para etiolación y un mayor tiempo para producir una planta comercial, que el método tradicional, (Brokaw, 1987).

La microclonación es una técnica que persigue el desarrollo de más de un brote etiolado por planta; los brotes son tratados como plantas individuales, al ser ubicados en microcontenedores donde previamente se les estimula a enraizar, (Ernst, 1999). Con este sistema, se logra obtener mayor número de plantas clonales enraizadas, lo que permite bajar los costos de producción, Además, este sistema permite la reutilización de la semilla nodriza hasta en tres oportunidades y el fácil traslado de los microclones, tanto dentro como fuera del mismo sistema productivo, (Castro *et* al., 2003).

El uso de patrones clonales que tengan características superiores, en cuanto se refiere a resistencia/tolerancia a enfermedades y problemas de suelo, e induzcan precocidad y reducción del tamaño de los árboles, permite uniformizar el comportamiento y productividad de los huertos de aguacate, así como mejorar la sanidad y longevidad de los mismos, (Salazar *et al*., 2004).

En vista de lo expuesto y con la colaboración del Programa de Fruticultura del INIAP, se dio inició al proceso de clonación de portainjertos de aguacate de la variedad Duke 7, con el propósito de establecer una metodología de multiplicación y determinar la viabilidad económica de la misma, para implementarla de manera comercial en el vivero de la Granja Tumbaco del INIAP y posteriormente difundir la técnica a nivel de viveristas. Con el fin de realizar aportes a la producción aguacate, el ensayo se propuso, planteando los siguientes objetivos:

Objetivos

Objetivo General.

Estandarizar una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller), y determinar la viabilidad económica para su implementación.

Objetivos Específicos

Evaluar la respuesta de dos tipos de ramilla de injertación de la variedad de aguacate Duke 7 en la producción de brotes etiolados en cuarto oscuro.

Evaluar la respuesta de dos dosis de ácido indolbutírico (IBA) para la propagación de patrones clonales de aguacate Duke 7 a partir de brotes etiolados en cuarto oscuro.

Comparar dos métodos de enraizamiento y determinar la precocidad en la formación de raíces en los brotes etiolados a nivel de sombreadero (Umbráculo)**.**

Evaluar la eficiencia de los tratamientos en la obtención de patrones clonales de la variedad de aguacate Duke 7.

Realizar el análisis financiero para determinar su viabilidad económica.

REVISIÓN DE LITERATURA

Cultivo de Aguacate

El aguacate (*Persea americana* Miller), conocido también como "Palto" en otros países americanos, es originario de América Central; sin embargo, su cultivo comercial es relativamente reciente. Esta especie frutal pertenece a la familia Lauráceas y está emparentada con el laurel (*Laurus nobilis*) y la canela (*Cinnamomun zeylanicum*), (Lemus *et al*., 2005).

La mayoría de los cultivares de aguacate se han derivado de plantas que son el resultado de la polinización no controlada. Muchos cultivares de aguacate son híbridos de dos o más subespecies o razas. Estas variedades o tipos pueden agruparse según su altura, forma, tamaño de la fruta, color del follaje y adaptación a diferentes condiciones climáticas. De acuerdo a estas características, los distintos tipos de aguacate pueden agruparse en tres razas principales: Mexicana, Guatemalteca y Antillana, (Iles, 2012).

Situación del Cultivo en el Ecuador

Superficie Cultivada

De acuerdo con los registros del III Censo Nacional Agropecuario, la superficie total cultivada de aguacate en el país es de 7 797 hectáreas; como se detalla en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Superficie cultivada y producción de aguacate en el país. Ecuador, 2002.

Cultivos Permanentes		Superficie plantada (hectáreas)	En edad productiva (hectáreas)	Superficie cosechada (hectáreas)	Producción ™
Aguacate	Solo	2 290	2 080	1 917	6 930
	Asociado	5 507	5 217	4 056	2 114
Total Nacional		7 797	7 297	5 973	9 044

Fuente: III Censo Nacional Agropecuario (2002)

Se estima que en el país, el 75 % de la superficie cultivada corresponde a la variedad Fuerte y que existen alrededor 500 ha plantadas con la variedad Hass (6.41 %), misma que sigue incrementándose con perspectivas de exportación.

Exportaciones del Sector

El cultivo de aguacate ha despertado gran interés entre los productores en los últimos años en Ecuador. Su alto rendimiento y la capacidad de ofertarlo durante todo el año han colocado a este fruto, en un sitial privilegiado dentro de los productos ecuatorianos no tradicionales con mayores opciones para exportarlo, (Pullas, 2011).

El aguacate es un cultivo que en el Ecuador va tomando mayor importancia año tras año, creciendo como especie de agroexportación, de una manera muy alentadora. Según la dirección de Comercio Exterior del Banco Central del Ecuador, el total de exportaciones para el año 2011 fue de 7 104.94 toneladas con un monto de ventas de 458 610 USD. Entre enero y abril de 2012 se exportaron 259 970 USD en aguacate. Este monto es superior a los 216 700 USD que se registraron en el mismo lapso de 2011.

El Ecuador exporta principalmente la variedad Fuerte, aunque en el país se cultivan más de 20 tipos diferentes de aguacate. Las principales zonas de producción se encuentran a lo largo de los valles del Callejón Interandino, principalmente en los valles de Guayllabamba en Pichincha; Chota y Atuntaqui en Imbabura. El principal destino de las exportaciones ecuatorianas es Colombia, que durante el periodo comprendido entre enero de 2007 y diciembre de 2011 representó el 92.69 % de las exportaciones de aguacate ecuatoriano hacia el mundo, (Cuadro 2).

Cuadro 2. Exportaciones de aguacate para el período enero 2007 – diciembre 2011. Toneladas y miles de dólares.

SUBPARTIDA Y DESCRIPCIÓN ANDINA	PAÍS	TONELADAS	FOB USD	PORCENTAJE
0804400000	Colombia	29 146.49	1 864.24	92.69
Aguacates (paltas)	España	120.33	143.04	7.12
	Antillas Holandesas	1.10	3.99	0.20
	Canadá	0.01	0.04	0.01
	Holanda (Países bajos)	0.01	0.03	0.01
	Hong Kong	0.01	0.01	0.01
	Corea (sur), Republica de	0.01	0.01	0.01
TOTAL GENERAL		**29 267.94**	**2 011.32**	**100.00**

Fuente: www.bce.fin.ec

Según Vásquez (2012)[1] , a diferencia de otros países, el Ecuador puede producir aguacate todo el año, con picos de producción y cosecha plenamente definidos de febrero a marzo y de agosto a septiembre; mientras otras naciones producen en un lapso de solamente 4 a 5 meses del año. Aprovechando estas circunstancias, en la sierra norte del país, se ha conformado una asociación de productores de aguacate denominada CORPOAGUACATE, que tiene como fines: incrementar la superficie del cultivo de aguacate, principalmente con el cultivar Hass, mejorar el nivel tecnológico, constituir un centro de acopio de la fruta, e iniciar el proceso de comercialización en el mercado nacional e internacional de manera organizada.

Dada la importancia que esta especie está logrando, es necesario optimizar los procesos tendientes a obtener una mayor productividad, facilidad de manejos y mejor calidad de fruta. El incremento de la oferta exportable no debe sustentarse únicamente en el aumento de las áreas sembradas, sino en el incremento de los rendimientos a través de una optimización del manejo técnico de las

[1] Comunicación personal. Julio-2012

plantaciones, dentro del cual el uso de portainjertos adecuados es un componente de mucha importancia, (Escobedo, 2009).

Problemas que Afectan la Producción de Aguacate

Para un cultivar comercial de aguacate, se deben considerar los factores de tipo biótico y abiótico que inciden en las pérdidas de la producción. Factores que se relacionan con el efecto de la salinidad del suelo en el desarrollo y rendimiento de la planta; así como las pérdidas considerables que causan los problemas fitosanitarios como la "Pudrición de la raíz".

"Tristeza del Aguacatero"

La producción mundial de aguacate se ve seriamente afectada por la enfermedad de la raíz conocida como "Tristeza del aguacatero", esta es una enfermedad que ocasiona grandes pérdidas económicas en los cultivos comerciales de aguacate.

De acuerdo con Bergh (1976), citado por Escobedo (2009); el mayor problema sanitario del aguacate con presencia en prácticamente todas las regiones productoras del mundo, es la pudrición de la raíz causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands.

La "Pudrición de la raíz" origina pérdidas elevadas debido a que el rendimiento de la planta se reduce considerablemente. Según Lemus *et al*. (2005), la pudrición de raíces ocasiona un decaimiento progresivo del árbol que se manifiesta con la presencia de hojas pequeñas, follaje verde amarillento, caída de hojas, árbol semitransparente, la producción de frutos disminuye tanto en cantidad como en tamaño, hasta desaparecer totalmente. Si la infección es severa, los árboles presentan muerte descendente de ramas que deriva en la muerte de la planta debido a que el sistema radicular queda completamente destruido. La infección provocada por este hongo se ve favorecida con el exceso de humedad en el suelo y la presencia de heridas en las raíces.

Esta enfermedad se presenta en cualquier estado de desarrollo de la planta. El hongo *Phytophthora cinnamomi* es un habitante común del suelo y actualmente su control se realiza mediante un manejo integrado, donde es importante mantener un buen contenido de agua en el suelo, evitando anegamientos, mantener un buen contenido de materia orgánica mediante la aplicación de guano o compost, hacer aplicaciones preventivas en vivero y al momento de establecer el huerto y obtener material resistente a la enfermedad, principalmente mediante el uso de portainjertos, (Lemus *et al*., 2005).

Portainjertos Resistentes a *Phytophthora cinnamomi*

Aún cuando existen reportes que indican que, desde las primeras décadas del siglo pasado ya existía interés por la propagación vegetativa de portainjertos de aguacate; de allí que, la necesidad de contar con portainjertos clonales, se volvió mucho más apremiante a partir del año 1942 cuando se aisló el hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands como el patógeno causante de la "Pudrición

radicular", (Zentmyer, 1980; Zentmyer *et al*., 1998). La búsqueda de patrones tolerantes al patógeno se convirtió en una prioridad mundial, en la investigación sobre el cultivo del aguacate, (Gallo *et al*., 1999).

Desde entonces, muchos portainjertos con esas características, como los cultivares Duke 7, Thomas, Barr Duke, Toro Canyon, Merensky 2 (Dusa) y Evstro, han sido seleccionados, principalmente en California (EE.UU.), Israel y Sudáfrica, (Menge *et al*., 1992; Menge, 2001). Estos portainjertos han sido obtenidos de las razas mexicanas y guatemaltecas.

El mecanismo de tolerancia a *Phytophthora* puede ser de dos tipos; el primero por la capacidad que muestran algunos portainjertos para regenerar raíces que han sido atacadas por este patógeno, como es el caso de "Duke 7", o por una resistencia fisiológica, retardando el desarrollo de lesiones en las raíces como ocurre en "Martín Grande", (Castro, 2009).

La propagación vegetativa de estos y otros con similares aptitudes, resulta indispensable para conservar íntegramente sus características beneficiosas. La heredabilidad de los caracteres de resistencia en aguacate es generalmente baja, menos del 1%. Por lo tanto, las plantas producidas a partir de semillas colectadas de árboles resistentes generalmente muestran poca resistencia, (Menge, 2000).

Portainjertos Tolerantes a otros Problemas de Suelo y Ambiente

Cabe destacar que, aparte de los problemas fitosanitarios, existen limitaciones de carácter abiótico que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas de aguacate, por lo que es importante conocer las características de tolerancia de varios portainjertos, para que de acuerdo a la problemática que presente el suelo y el ambiente donde se establecerá la plantación, puedan ser utilizados para reducir sus efectos, (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características de tolerancia de portainjertos de aguacate a problemas de suelo.

Portainjertos	**Raza**	**Tolerancia *Phytophthora***	**Tolerancia Salinidad**	**Tolerancia Suelos Calcáreos**	**Tolerancia Humedad**	**Tolerancia Frío**
Nacionales	Mexicana				Sequía	
Duke 7	Mexicana	x	x		X	x
Zutano	Mexicana		x		X	
Mexícola	Mexicana				X	x
Nabal	Guatemalteca		x			
Dusa	Híbridos	x				
Borchars	Híbridos			x		
Antillanos	Antillana		x		Alta - Sequía	

Elaborado por: Viteri, 2011.

Elección del Portainjerto

El portainjerto constituye la base fundamental del árbol, determina su vigor, productividad, comportamiento frente a las distintas condiciones del medio como: suelo, calidad del agua, factores ambientales, etc., además de la tolerancia a enfermedades que pueden resultar letales como *Phytophthora*. Por lo tanto, resulta indispensable para el agricultor disponer de alternativas que se adapten a sus condiciones particulares de cultivo.

De acuerdo con Viteri (2012)[2], en la actualidad la mayor parte de las plantaciones de aguacate en nuestro país corresponden a variedades injertadas sobre portainjertos, desarrollados a partir de semillas. Este sistema de propagación si bien está extensamente difundido, no da solución a la problemática de lograr huertos homogéneos, en que todos los árboles mantengan un comportamiento uniforme, además, las diferentes condiciones que presenta nuestra geografía hace indispensable el desarrollo de distintas alternativas en variedades de portainjertos.

Considerando que, la falta de control de la semilla que se utiliza para propagar aguacate, ha dado como resultado variedades susceptibles a *Phytophthora cinnamomi*; se han seleccionado patrones tolerantes a esta enfermedad de la raíz, entre los cuales destaca Duke 7.

Portainjerto Duke 7

En los años 50, el Dr. G. Zentmyer de la Universidad de California inició la prueba de "seedlings" (plántulas de semilla) de distintos cultivares para probar su resistencia a *Phytophthora*, encontrando que los "seedlings" de Duke presentaban un mayor grado de tolerancia. Posteriormente más "seedlings" de Duke fueron probados hasta encontrar que dos de ellos, denominados Duke 6 y Duke 7 por la posición que tenían en las líneas, presentaban una resistencia mayor. Ambos "seedlings" fueron luego propagados en forma asexual, difundiéndose como portainjertos clonales. Aunque ambos "seedlings" tienen una resistencia a *Phytophthora* similar, se prefirió la multiplicación de Duke 7 por ser más vigoroso, (Lemus *et al*., 2005; Foguet, 1992 citado por Iles 2012).

Proviene de un patrón de semilla mexicana, fue seleccionado en los años 50, pero no se comercializó hasta mediados de los 70. Fue la primera variedad de patrón disponible para luchar contra la podredumbre de raíz producida por *Phytophthora cinnamomi* y todavía se sigue recomendando como portainjerto en California y Sudáfrica por su productividad, (Castro, 2009).

Se considera a Duke 7 como un patrón vigoroso, con buena tolerancia al frío. Su tolerancia a *Phytophthora cinnamomi* es moderada, pero es más tolerante a *Phytophthora citricola*. Produce precozmente fruta de buen calibre presentando la tendencia a permanecer verde en suelos fríos durante el invierno cuando se presenta la clorosis; además, induce una menor vecería (variación significativa de la producción entre cosechas) en Hass, que otros patrones. No se recomienda utilizarlo en suelos poco aireados, o cuando se presenten problemas de salinidad, ni en replantaciones, (Brokaw, 1987).

[2] Comunicación personal. Julio-2012.

De los portainjertos clónales disponibles por la industria "Duke 7" sigue siendo uno de los prioritarios para ser considerado en los huertos. Es confiable y si se maneja correctamente, los árboles son uniformes y buenos productores. Se optó por esta variedad, porque es en la actualidad, a nivel mundial, el portainjerto estándar para la enfermedad causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi*, (Barrientos *et al*., 2000) y porque en el campo reproduce, en gran medida, las características esenciales de los padres, (Calabrese, 1992). Al respecto, Lemus *et al*. (2005), mencionan que, Duke 7 posee una gran resistencia a la salinidad, mayor que los portainjertos de semilla mexicanos. Tiene una tendencia a mantenerse verde en situaciones de suelos calcáreos, donde se producen grandes clorosis por deficiencias de hierro. Por otro lado, es un árbol muy vigoroso, de brotación temprana, pero posee baja tolerancia a la pudrición radicular. Tiene una tolerancia media a *Phytophthora* y no resistente como ha sido descrito, es sensible a excesos de agua y generalmente fracasa al ser utilizado como árbol de replante en zonas húmedas del huerto. La experiencia sudafricana muestra que es sensible a *Phytophthora.* Sin embargo, debido a su rápida capacidad de regeneración de raíces, los árboles plantados sobre este portainjerto responden muy bien a las inyecciones de fosfonatos para el control.

Propagación de Aguacate

Propagación Convencional de Aguacate

Dentro del proceso productivo de cualquier vegetal, la propagación es uno de los pasos que reviste gran importancia, ya que es determinante en el número final de plantas, sanidad vegetal, productividad y el comportamiento que tendrá el árbol adulto en el huerto. La producción de árboles de aguacate en Ecuador está basada en el uso de patrones obtenidos de semillas, sobre los cuales es injertada la variedad de interés.

Proceso de Obtención de Plantas de Aguacate Provenientes de Portainjertos de Semilla[3]

Recolección de semillas

Las semillas deben obtenerse de árboles sanos y vigorosos, de frutos que no hayan caído al suelo donde podrían infectarse y que hayan alcanzado su madurez fisiológica. Además, se deben descartar las semillas muy pequeñas para la variedad, ya que dan plantas de poco vigor, (Castro, 1990).

Siembra

Previo a la siembra se debe realizar un preacondicionamiento a las semillas, ya que éstas contienen inhibidores bioquímicos en la testa y barreras mecánicas, dado por el tamaño de los cotiledones, factores que dificultan la germinación. En la actualidad, en los viveros comerciales se practica un pretratamiento a la siembra, que involucra la remoción de la testa y cortes basal de 1 a 2 cm y

[3] En base a metodología del vivero Granja Tumbaco - INIAP

apical de 0.5 cm. Posterior a este tratamiento las semillas se desinfectan con algún fungicida, para prevenir la muerte de las plántulas, (Castro, 1990).

Castro (1990), también menciona que la siembra puede ser directa en contenedores o bien con semilla pregerminada; en la siembra directa la semilla se ubica sobre la superficie del sustrato apoyando su base y enterrándola de modo que la parte superior quede a ras del suelo. Las bolsas deben regarse antes y después de la siembra, para proporcionar humedad al sustrato y evitar bolsones de aire que dificulten la germinación.

La emergencia de las plántulas, ocurre de 30 a 45 días después de realizada la siembra. Las plantas se dejan crecer en forma libre hasta la época de injertación; el tiempo para la obtención de portainjertos, desde la siembra de la semilla es de aproximadamente 5 meses para condiciones locales. En general, hay un 10% de pérdida de portainjertos por causa del albinismo, enanismo y arrosetamiento (se supone virosis) y pudriciones, (Castro, 1990).

Injertación

El momento óptimo para realizar la injertación es cuando el brote ha alcanzado los 6 mm de diámetro, (Ernst, 1999). La práctica de injertación puede realizarse en nuestro país durante todo el año. El tipo de injerto más utilizado es el de púa terminal, pudiendo también emplearse el de púa lateral. El material para injertar se obtiene de plantas madres identificadas y sanas para evitar la transmisión de enfermedades. El mejor material es aquel que presente sus yemas hinchadas, que no sea muy tierno ni demasiado lignificado. Lo ideal es ocupar las ramillas inmediatamente después de la recolección, para evitar su deshidratación se deben mantener en un lugar fresco, siendo fundamental cortar las láminas de las hojas dejando el pecíolo, (Castro, 1990).

La injertación con la variedad comercial se realiza a una altura aproximada de 20 cm; bajo esta altura se eliminan todas las hojas para facilitar el manejo del injerto, la ramilla a injertar debe tener de 3 a 5 yemas, siendo muy importante, como en todo injerto, que el corte sea parejo para que se produzca un buen contacto cambial. El injerto más empleado en la actualidad a escala internacional, es el de cuña, hendidura o púa apical porque evita el problema de encontrar yemas falsas y posibilita un crecimiento más rápido del injerto, (Calabrese, 1992).

Al respecto, Gardiazabal y Rosenberg (1991), citados por Rodríguez (2003); mencionan que el injerto debe hacerse de modo que las zonas cambiales coincidan plenamente para así obtener un buen prendimiento.

Crecimiento del Injerto

Con el inicio de la brotación, que comienza de 21 a 30 días después de realizada la injertación, se inician las fertilizaciones y controles fitosanitarios al suelo. A medida que el injerto va creciendo, se deben ir eliminando los brotes que salgan del portainjerto; para evitar la competencia, (Castro, 1990).

Planta terminada

Una planta se considera terminada cuando el brote del injerto alcanza una altura entre 30 a 60 cm dependiendo de la variedad. La duración del proceso de propagación por semilla, varía entre 10 a 12 meses, dependiendo de las condiciones, principalmente de temperatura y humedad relativa, (Castro, 1990).

Inconvenientes de la Propagación Convencional de Aguacate

Por muchos años, la propagación por semilla fue el principal método para producir nuevas plantas de muchas ornamentales leñosas. Era la forma más barata de propagación para producir un gran número de nuevas plantas, desde un mínimo material almacenado. La propagación por semilla aún es usada frecuentemente para multiplicar muchas plantas que no pueden ser propagadas asexualmente. La mayor desventaja de la reproducción por semilla o propagación sexual, es el fracaso en producir plantas de la misma variedad y el largo tiempo requerido para obtener una planta para la venta, (Hamilton y Midcap, 2002), citados por Rodríguez (2003).

Desde los inicios del mejoramiento genético, la propagación de aguacate se ha realizado mediante la injertación de variedades comerciales sobre portainjertos obtenidos de semilla; siendo esta técnica utilizada de manera general en viveros a nivel mundial, pese a la variabilidad genética que presentan estas plantas francas, (Ben Ya'acov y Michelson, 1995)

Sobre este tipo de propagación, Gallegos (1983), citado por Rogel (2000); señala que, aunque está ampliamente difundida tanto en los huertos como en los viveros, implica obtener una gran heterogeneidad de individuos con características particulares; ya que no existe un estricto control sobre la fuente de semilla usada.

Un portainjerto propagado por semilla, implica la obtención de plantas heterogéneas, ya que cada una es genéticamente diferente, aún cuando sus semillas se hayan seleccionado por tamaño y peso desde un árbol con características relevantes, (Gandulfo, 1983), citado por Castro *et al*. (2003).

La reproducción del aguacate por semilla no es interesante para plantaciones comerciales, ya que la semilla de este no tiene la capacidad de producir embriones apogámicos y por tanto, todas las plantas que se obtienen provienen de reproducción sexual y poseen por ello, su propio código genético, (Calabrese, 1992).

Estas diferencias genéticas de los portainjertos francos producen variabilidad en el crecimiento y fructificación de muchas plantaciones, como también diferentes grados de susceptibilidad a bioantagonistas y factores ambientales. La búsqueda de nuevo material vegetal se basa en la necesidad de contar con una mayor diversidad, puesto que actualmente las plantaciones comerciales se centran solamente en el cultivar Hass injertado sobre patrones de raza mexicana, (Castro *et al*., 2003).

Calabrese (1992), también indica que en el aguacate, el elevado grado de heterocigosis hace que los individuos que se obtienen de la germinación de semillas provenientes de una determinada planta, suelen ser muy diferentes de ésta. Tales diferencias en hábito vegetativo y comportamiento,

constituyen también un problema para los patrones, los cuales al propagarse por semilla las transmiten luego al cultivar injertado sobre ellos. Por estas razones, se hace necesario estudiar, utilizar e implementar nuevas técnicas que permitan disminuir dichas diferencias en los portainjertos a propagar, poniendo mayor atención, a la utilización de material con un origen genético específico.

Propagación de Aguacate por Métodos No Convencionales

En aguacate, a diferencia de otros frutales, en los cuales la multiplicación de los portainjertos puede hacerse por semilla sin que se genere variación en las características sobresalientes, debido a su condición altamente heterocigótica, es necesario recurrir a la propagación vegetativa para asegurar la conservación de las características de interés, (Rogel *et al*., 2000).

Al respecto Zobel y Talber (1994), citados por Salazar *et al*. (2004), dicen que la propagación vegetativa juega un papel importante en los programas de plantaciones comerciales como un medio de multiplicación a gran escala de genotipos superiores, ya que permite tener plantaciones con individuos de calidad uniforme. Además, permite mantener el genotipo intacto, asegurar la conservación de germoplasma valioso y aumentar la ganancia genética al utilizar los componentes genéticos aditivos y no aditivos.

Por su parte, Goh y Monteuuis (2002), citados por Rodríguez (2003), señalan que otra opción de la propagación clonal en masa, es seleccionar genotipos superiores basados en sus características visibles (fenotipo). Es así, como la heterogeneidad de los portainjertos de semilla y la necesidad de superar problemas de suelo, dieron ímpetu a la búsqueda de un método de propagación clonal que pudiese asegurar una cierta uniformidad de plantas, (Ben Ya´acov y Michelson, 1995).

Cuando por estos métodos se obtienen plantas íntegras, el proceso biológico es conocido como clonación y las plantas resultantes son llamadas clones y pueden ser utilizadas como plantas definitivas o como portainjertos. En numerosas especies frutales de gran importancia económica como las vides y los manzanos por ejemplo, es una práctica común el empleo de portainjertos clonales, (Ben Ya’acov y Zilberstaine, 1999).

Un clon puede definirse como “material genéticamente uniforme derivado de un solo individuo y que se propaga de modo exclusivo por medios vegetativos como estacas, divisiones o injertos, (Hartmann y Kester, 1999).

Propagación Clonal de Portainjertos de Aguacate

Dada la alta heterogeneidad que de forma natural presentan los portainjertos obtenidos de semilla, es poco probable conservar alguna característica sobresaliente de algún genotipo, en cuanto a su respuesta a condiciones edáficas adversas, por lo que se hace necesaria la propagación clonal de estos genotipos de interés, (López *et al*., 1993), citado por Rogel (2000); (González y Salazar, 1984).

Para obviar la variabilidad, que resulta de utilizar portainjertos de aguacate producidos por semilla, es necesario recurrir a la producción de portainjertos clonales, sobre los cuales se injerta el cultivar deseado. De esta manera, las plantas definitivas de una plantación comercial serán genéticamente idénticas entre sí, tanto en patrón como en copa, (Hartmann *et al*., 1997; Ernst, 1999).

En la actualidad, existen una serie de selecciones de portainjertos clonales que presentan ciertas ventajas, como precocidad, control del vigor vegetativo, tolerancia a sales, y resistencia a enfermedades. Al conseguir fincas con árboles genéticamente homogéneos, se obtienen mejores rendimientos de fruta; así como, una mayor efectividad en las labores de poda, fertirrigación, aplicación de fitosanitarios y recolección, además se consigue una uniformidad en la tolerancia a hongos de suelo, siempre que se elijan patrones clonados tolerantes a estos hongos, (Castro *et al*., 2003).

Zentmeyer (1977), citado por Alves de Oliveira (1999), enfatizó que la selección y uso de portainjertos tolerantes o resistentes, dentro de un programa de manejo integrado, es la mejor manera de controlar la enfermedad.

En aguacate como en otros frutales, el uso y desarrollo de portainjertos se realiza con la finalidad de poder cultivar árboles bajo condiciones adversas del suelo o para conferir a la variedad alguna cualidad de interés agronómico. En aguacate, se emplean principalmente portainjertos resistentes a la "Pudrición radical" causada por *Phytophthora cinnamomi*, a suelos con problemas de salinidad y recientemente crece el interés por reducir el porte de los árboles, (Rogel *et al*., 2000; Ernst 1999).

Como en muchas especies frutales, en los aguacates también existe la necesidad de seleccionar portainjertos en función de ciertos atributos que pueden ser características favorables para hacer frente a factores limitantes de la producción, relacionados con el suelo: como su tolerancia a la pudrición radicular, a la salinidad, al exceso calcáreo, a la falta de aireación, etc., o también para modificar algunas características hortícolas del cultivar injertado (vigor, precocidad en la entrada de producción, incremento de los rendimientos y la calidad, etc., incluso para reducir la susceptibilidad de los frutos a desórdenes fisiológicos o a enfermedades del fruto como la antracnosis), (Willingham *et al*., 2001).

Para la multiplicación de portainjertos clonales de aguacate con características de resistencia a enfermedades y a suelos salinos se conocen técnicas de clonación que actualmente no se realizan en el Ecuador, lo cual genera la posibilidad de llevar a escala comercial la producción de plantas de portainjertos clonales con mejores características agronómicas, (León, 2008), citado por Iles (2012).

Castro *et al*., (2009), consideran que, es de gran trascendencia para los productores de aguacate el poder aumentar y homogeneizar los niveles y calidad de la fruta producida, para lo cual la propagación de plantas comerciales de excelencia a través de la utilización y elección de un portainjerto clonal apto para su condición de cultivo, será un aspecto clave que podrá definir el éxito o fracaso de una plantación comercial.

Castro *et al*. (2009), mencionan dos aspectos en los que se ha enfocado la investigación acerca de la propagación clonal de aguacate: el primero se refiere al uso de semillas nodrizas y el segundo a

la etapa de enraizamiento. Por otra parte, existe un concenso sobre la importancia de los planteles madres, proveedores de material vegetal, para el desarrollo y éxito de las diferentes técnicas de propagación vegetativa.

La selección de un adecuado material de propagación es una de las tareas más importantes para el propagador, (Whiley *et al*., 2007). En relación a esto, un aspecto poco estudiado está referido al manejo del material madre para la obtención de la púa clonal. Mackenzie y colaboradores (1988), citados por Castro *et al*. (2009), mencionan la importancia e influencia del adecuado manejo de las plantas madres proveedoras de púas clonales en aguacate, en la disminución de pérdidas de plantas durante la etapa de injertación en la técnica de propagación clonal.

Investigaciones realizadas en Chile por ejemplo, evaluando el efecto de la posición de la yema a utilizar en el proceso de clonación y del manejo de poda en árboles de aguacate de la variedad Hass y del portainjerto clonal Duke 7 en las etapas de injertación y crecimiento del brote etiolado, determinaron la existencia de un efecto de la posición de la yema dentro de la ramilla. Injertos procedentes de yemas basales, originaron brotes etiolados de mayor grosor y tardaron menos tiempo entre el período de ingreso a cámara de etiolación y el tratamiento de enraizamiento, que aquellos ubicados en las yemas de posición apical. La realización de análisis histológicos a brotes etiolados, evidenció efecto de la posición de la yema y del manejo de poda a plantas madres sobre la continuidad de las fibras de esclerénquima y grosor del cambium fascicular e interfascicular, (Castro *et al*., 2009).

La principal limitante en la propagación clonal de portainjertos de “Palto”, recae en la dificultad de los procedimientos, como consecuencia de la extremadamente limitada disposición genética de sus tejidos para formar raíces adventicias, lo que se ve reflejado en costos muy elevados en comparación a la propagación por semilla. A pesar de ello, la producción comercial de portainjertos clonales se ha incrementado en muchos países que son importantes productores, (Castro *et al*., 2009).

Es así, que por el año 2000, un estudio en California (EE.UU.), indicó que de los más de 370 000 árboles de “Palto” vendidos por los viveros, cerca del 50% fueron árboles sobre patrones clonales. Por la misma época, en Sudáfrica el más grande vivero de “Paltos”, Westfalia Nursery, tenía una capacidad anual de producir 140 000 plantas sobre patrones clonales, (Whiley *et al*., 2007), citados por Escobedo (2009).

Whiley y colaboradores (2007), describen los numerosos esfuerzos de investigación que se han realizado a nivel mundial en el cultivo del aguacate, para el desarrollo de técnicas de propagación vegetativa; tales como: estaquillado, acodado y cultivo “in vitro”, de manera de poder perpetuar las características genéticas únicas de un portainjerto o cultivar, que lo hacen valioso en un sistema de producción.

Experiencias y Técnicas de Propagación Clonal de portainjertos

Técnica de etiolación de brotes

La dificultad del aguacate para formar raíces adventicias, es una característica que varía de acuerdo a los diferentes genotipos. De manera general, los esquejes de "Paltos" mexicanos tienen mejor comportamiento que los de la raza Guatemalteca, y estos mejor que los Antillanos, (Kadman y Ben Ya'acov, 1965; Reuveni y Raviv, 1980; Velho da Silveira *et al*., 2004; Escobedo, 2009).
Whiley *et al*. (2007), mencionan que no es hasta finales de los años '70 en donde se desarrolla y patenta de manera comercial en California, Estados Unidos, un sistema de propagación clonal utilizando la técnica de etiolación y acodo.

La propagación de portainjertos clonales se realiza a través de la técnica de etiolación, descrita por Frolich y Platt (1971). Se utiliza a nivel comercial en los viveros de aguacate de Estados Unidos (California), España, Sudáfrica, y otros países. Posteriormente, se desarrolló una derivación del método, el que fue patentado, por Brokaw en1987, cuya patente expiró en 1994.

Frolich y Platt (1971), propusieron una técnica de propagación clonal. Esta técnica consiste en hacer crecer una planta nodriza de semilla, la que al alcanzar un diámetro adecuado, es injertada con una púa de la variedad a ser enraizada. Se permite crecer el injerto hasta que está bien establecido, los brotes de la púa son posteriormente cortados cerca de la base y cuando los brotes muestran nuevamente signos de crecimiento, toda la planta es llevada a un cuarto oscuro.

Una vez que los brotes etiolados han alcanzado una cierta altura, son sacados a la luz, se cubre la zona basal con sustrato de enraizamiento para seguir excluyendo la luz y cuando éstos han enraizado y han alcanzado una cierta altura, se injertan con la variedad comercial deseada. Luego, la planta es nuevamente puesta en condiciones de luz, pero la zona basal de los brotes se mantiene etiolada cubriéndola con mayor cantidad de sustrato. De esta manera los brotes se desetiolan y se vuelven verdes, salvo su parte basal que continúa en condiciones de oscuridad. Después, cuando ya poseen hojas maduras, los brotes son separados de la planta nodriza y sembrados como esquejes en camas de enraizamiento especialmente acondicionadas en cajas de madera con una cubierta de vidrio, donde permanecen hasta formar raíces adventicias, (Frolich y Platt, 1971).

Posteriormente, Brokaw (1987), modifica la técnica propuesta por Frolich y Platt; en este caso, la metodología consiste en injertar material clonal sobre un patrón nodriza, el que luego de un determinado tiempo es llevado a un cuarto oscuro para producir la etiolación de los brotes del injerto. Luego se coloca un anillo entre el patrón nodriza y el injerto y se cubre con medio enraizante la sección del injerto y el brote etiolado.

Una vez que el brote etiolado emerge del medio enraizante, la planta es llevada nuevamente a la luz para permitir el crecimiento del brote y cuando éste ha alcanzado un diámetro adecuado, se injerta la variedad comercial deseada. Por aproximadamente un año más, la planta sigue creciendo en condiciones de invernadero, el anillo permite la formación de raíces en la zona etiolada y luego la planta enraizada es separada de la planta nodriza por efecto del estrangulamiento provocado en el tallo por el anillo metálico colocado, (Brokaw, 1987).

Ernst (1999), mencionó una de las últimas modificaciones a la llamada técnica de Frolich, que es la técnica de propagación clonal de portainjertos más utilizada, actualmente, a escala internacional, (Hofshi, 1997). Esta técnica de clonación múltiple consiste en injertar material clonal sobre una planta nodriza de semilla y cuando los brotes empiezan a manifestarse, la planta es llevada a una cámara de etiolación. Cuando los brotes han alcanzado la altura y diámetro necesarios, son llevados a la luz, se les realiza una incisión en la base de los brotes y se les aplica un enraizante (ácido indolbutírico, en este caso). En esta técnica se utilizan microcontenedores, los que son ubicados en la zona de la incisión y son llenados con sustrato de enraizamiento. Las plantas son llevadas a sombreadero y se les permite crecer y enraizar. Una vez que las raíces se han formado, los microclones son separados de la planta madre.

Ernst (1999), también señala que las ventajas de esta técnica, sobre las propuestas anteriormente, son: que se puede obtener un mayor número de plantas clonales por semilla, son de tamaño pequeño con un mejor aprovechamiento del espacio, ahorro de plantas nodrizas, presenta un alto estándar fitosanitario y una facilidad de transporte y distribución. El mismo autor, también menciona que, con la técnica de la microclonación, es posible producir un alto número de plantas de aguacate totalmente desarrolladas (clones). El proceso de propagación toma aproximadamente de ocho a 10 meses desde semilla hasta la separación en estado de microclon y 10 a 18 meses desde semilla hasta lograr un estado de tamaño de árbol trasplantable a campo.

En Brasil, Alves de Oliveira *et al*. (1999), evaluaron la propagación vegetativa de portainjertos de aguacate a través de acodo en contenedor, mediante el anillado de la corteza (3 mm), estrangulado con alambre y aplicación de ácido indolbutírico (AIB), en brotes injertados y etiolados de plantas cultivadas en macetas y mantenidas en invernadero. En la evaluación, realizada a los 70 días de la aplicación de los tratamientos, se observó que el anillado de la corteza combinado con 10 gL^{-1} de AIB fue superior estadísticamente a los demás tratamientos y promovió mayor porcentaje (73.6%) de acodos enraizados, formación de raíces primarias y secundarias por planta. En forma separada, los brotes etiolados con anillado (26.6%) también fueron superiores estadísticamente al estrangulado, que a su vez fue igual al testigo.

En México, Rogel *et al*. (1998), obtuvieron 66 % de enraizamiento como máximo, con el uso de franqueamiento, etiolación y ácido indolbutírico a 10 000 mgL^{-1}, en un criollo de la raza mexicana. Con las demás metodologías, obtuvo resultados inconsistentes.

En Perú, Escobedo (2009), contando con la existencia de plantas nodrizas con brotes etiolados a partir de cámaras oscuras individuales (COI), aplicó tratamientos que tuvieron como objetivo, estimular precozmente la formación de raíces adventicias en brotes aún adheridos a las plantas nodrizas. El mismo autor, al retirar las COI de cada planta nodriza, obtuvo brotes etiolados que fueron expuestos a la luz; cubriendo parte de su tercio basal con papel aluminio, de manera que la parte restante del brote se desetiole. En algunos de estos brotes así manipulados, antes de colocar la cubierta de papel aluminio se les administró tratamientos de pre-enraizado (TPE). Estos consistieron en la incrustación transversal de pequeñas astillas de madera (5 mm de largo y 1 mm de diámetro aproximadamente) en la zona del brote que luego fue cubierta por el papel aluminio. Dichas astillas fueron previamente remojadas por un mínimo de 24 horas en soluciones de ácido indolbutírico. Las evaluaciones realizadas demostraron como resultado un 53.3 % de enraizamiento a los 45 días con dosis de 10 000 ppm de AIB.

Las técnicas que parecen ser fundamentales para lograr la eficiencia en los métodos comerciales de propagación clonal de portainjertos de aguacate son la etiolación y la aplicación de reguladores de crecimiento, (Frolich y Platt, 1971; Barrientos *et al*., 1986; Muñoz y Rogel, 1998; Ernst, 1999). Con el empleo de ambas, los métodos que más se trabajan en diferentes partes del mundo y con resultados bastante aceptables son las estacas y los acodos, (Frolich y Platt, 1971; Barrientos *et al*., 1986; Veierskov, 1988; Aguilera, 2007).

Sin embargo, la metodología aún es complicada y el precio de un "Palto" sobre patrón clonal sigue siendo elevado, por ejemplo en Estados Unidos el precio varía entre 24.50 y 27.00 dólares y en Europa entre 11.00 y 14.50 euros, según el patrón clonal utilizado y la variedad injertada, (Brokaw Nursery, 2009; Viveros Brokaw, 2009), citados por Escobedo, (2009).

Además, la marcada dificultad congénita del aguacate para formar raíces adventicias complica el proceso y resta eficiencia a las sofisticadas y costosas tecnologías que se siguen ensayando en diversas partes del mundo para la producción comercial de portainjertos clonales. La necesidad de superar dichas dificultades obliga a seguir buscando y/o adecuando tecnologías que reduzcan el costo y vuelvan más eficientes este tipo de propagación, (Escobedo, 2009).

La técnica de propagación clonal de portainjertos de aguacate, involucra una labor compleja, de largo período y elevados costos; motivo por el cual, resulta interesante buscar opciones para acelerarla y simplificarla, (Aguilera, 2007).

Cultivo de Tejidos

El "Palto" es una especie refractaria al enraizamiento por estaca o por acodo normal, por lo que ya la micropropagación ha presentado un éxito limitado, debido a que este es una especie recalcitrante, (Rodríguez, 2003).

En el aguacate, los esfuerzos tempranos para micro propagar brotes de árboles adultos, mediante organogénesis directa, generalmente no fueron exitosos. Barrientos *et al*. (2002), indican que el uso de material adulto genera problemas tales como contaminación y alta mortandad en la fase de inicio de los cultivos y falta de crecimiento del material en la fase de multiplicación, oxidación y necrosis apical.

Iles (2012), respecto al porcentaje de callos obtenidos *in vitro*, en la evaluación de esta variable en las variedades Mexícola y Duke 7, observó la formación de pequeñas raíces en medio sólido y medio líquido, pero estas estructuras necrosaron al avanzar las semanas y los explantes no formaron ninguna otra estructura.

Por otra parte, Economou y Read (1987), señalan que en propagación *in vitro*, existe un número de casos donde la oscuridad promueve la habilidad de enraizamiento en los tejidos; mientras que, en otros casos la luz aumenta la formación de raíces. Estos autores, mencionan que la luz monocromática también puede ser aplicada a los cultivos madre durante la proliferación de brotes y tener un efecto posterior en la formación de raíces en la siguiente etapa de la micropropagación o

directamente durante el proceso de enraizamiento. En ambos casos, la calidad de luz ha sido reportada por influenciar la formación de raíces.

Propagación por estacas

En Israel, Ben Ya'acov y Michelson (1995), desarrollaron el método de propagación de estacas herbáceas de "Palto", utilizando el sistema de aspersión mist (riego nebulizado) y bajo estrictos controles de temperatura y humedad; este método nunca se volvió comercial. La propagación clonal se ha realizado mediante acodo en brotes "ahilados". El procedimiento consiste en injertar una planta nodriza (portainjerto temporal) con el patrón a propagar y su posterior crecimiento en cámara de ahilamiento, (Frolich y Platt, 1971).

Pero aún en brotes juveniles, la capacidad de enraizado de las estacas es afectada por otros factores fisiológicos y ambientales. Entre los primeros, se incluye la concentración endógena de fitohormonas, las reservas de carbohidratos y el grado de lignificación de tallo; factores que están relacionados con la posición de la estaca en la planta madre o en el rebrote, (Salazar *et al*., 2004).

Continuando con las investigaciones, Barrientos *et al*. (1986), adicionando la aplicación de un anillado a la base del brote y con dosis de una mezcla de AIB 10 000 $mg.L^{-1}$ y ANA 300 $mg.L^{-1}$, reportaron porcentajes de 92.5 y 90.0% en enraizamiento de esquejes de los cultivares Colín V-33 y Fuerte, respectivamente. A su vez, Aguilera (2007), trabajando con Duke7 y varios tratamientos de AIB, ácido naftalenacético (ANA) y benzil aminopurina (BAP) sólo alcanza un 20% de enraizamiento.

Respecto del enraizamiento en aguacate, Salazar y Boris (1983), señalan que si se enraizaran estacas de palto, éstas deberían ser de la raza mexicana, ya que de acuerdo con la opinión general, es la que enraíza más fácilmente comparándola con las otras razas.

Técnicas que Promueven el Enraizamiento

Luego de que un esqueje es colocado en condiciones favorables para su enraizamiento, normalmente hay un desarrollo de callos en la parte basal del esqueje. El callo es una masa irregular de células parenquimáticas en diferentes estados de lignificación. En aguacate, no hay certeza en cuanto a la conexión anatómica entre la formación de callo y el enraizamiento. A veces, las raíces aparecen directamente del tejido de la rama, con o sin desarrollo de callo en el esqueje, (Ernst y Holtzhausen, 1987).

El enraizamiento es un proceso regenerativo a través del cual se forman raíces adventicias. Se denomina raíz adventicia a cualquier raíz que se constituye a partir de un tejido que no es la radícula del embrión. A pesar de haber sido estudiado e investigado ampliamente, la biología fundamental y el factor que desencadena la formación de raíces adventicias aún son desconocidos, (Hartmann *et al*., 1997).

Etiolación o Ahilamiento

Muchos autores señalan a la técnica de etiolación o también conocida como ahilamiento (crecimiento de brotes en la oscuridad), como la precursora para desarrollar raíces funcionales en brotes de aguacate. Al respecto Hartmann *et al*. (1997), señalan que la etiolación es el desarrollo de plantas o partes de las mismas en ausencia de luz, que resulta en características como: hojas pequeñas no expandidas, brotes elongados y falta de clorofila, lo que da lugar a un color blanco de los tejidos.

Sin embargo, como el término se ha estado usando entre los propagadores, también se refiere al crecimiento de las plantas en sombra intensa, (Basuk y Maynard, 1987). Indistintamente, este término también se utiliza cuando la etiolación es usada en plantas madres, en forma localizada, como pretratamiento en la multiplicación por estacas, en la cual brotes en activo crecimiento se desarrollan en ausencia de luz, generando internudos largos con tejido suculento y deficientes en clorofila, (Hartmann *et al*., 1997).

Según lo observado por Hansen (1987), la formación de raíces en estaquillas está influenciada por las condiciones de luz durante el crecimiento de las plantas. La exclusión de luz a la totalidad del brote, antes de la propagación, estimula la formación de raíces en algunas plantas leñosas.

La inhibición por luz parece tener una directa relación con la cantidad total de ésta; es decir, los tiempos de intensidad de luz y el tiempo total expuesto, (Frolich y Platt, 1971).

Phillips (1985), señala que en la etapa de etiolación en la propagación de “Paltos”, las plantas necesitan condiciones medioambientales precisas, siendo la temperatura óptima 25°C. Por otra parte, Brokaw (1987), indica que la temperatura ideal para el desarrollo de brotes etiolados fluctúa entre los 21 y 24°C.

El tiempo requerido en ausencia de luz para que los brotes sean adecuadamente etiolados, según reportan varios investigadores, es variable. En promedio, se ubica entre 3 y 8 semanas, (Ernst, 1999; Rodríguez, 2003; De los Santos, 2001; Velho Da Silveira *et al*., 2004; Aguilera, 2007; Escobedo, 2009).

En la mayoría de casos y para fines de propagación, una vez que los brotes están totalmente etiolados, éstos son puestos en condiciones de luz para destiolarlos, manteniendo etiolada sólo la porción donde posteriormente tendrá lugar el enraizamiento. Esto se logra mediante una técnica conocida como “banding”, (Escobedo, 2009).

Etiolación y su Efecto en la Rizogénesis

La etiolación de brotes aumenta la concentración interna de auxinas, disminuye la lignificación de los tejidos, aumenta la acumulación de almidón en la región etiolada y disminuye el contenido de co-factores negativos del enraizamiento, especialmente de AIA – oxidasa (Bassuk y Maynard, 1987; Hartmann *et al*., 1997).

Basuk y Maynard (1987), mencionan que la etiolación aumenta considerablemente la sensibilidad del tallo a la auxina. Factores traslocados que han sido producidos lejos de un segmento etiolado, también aumentan el efecto de la etiolación. La etiolación induce cambios anatómicos en los tejidos del tallo que podrían incrementar la iniciación de primordios radicales, principalmente por las células parenquimáticas indiferenciadas y la falta de barreras mecánicas. La etiolación también ha sido asociada con cambios en las sustancias fenólicas, las que podrían actuar como cofactores auxínicos o inhibidores de la AIA oxidasa, pero de todos los trabajos realizados en etiolación éste es el menos sólido.

Así lo demuestra el ensayo realizado por Karhu (1992), quien estudiando el efecto de la etiolación y sombreamiento en el enraizamiento potencial de ornamentales leñosas, reportó que tanto el número como el porcentaje de raíces fueron mayores en las estaquillas etioladas.

En las últimas décadas, en México, se han realizado algunas investigaciones exitosas en la propagación clonal de portainjertos de aguacate. Salazar y Borys (1983), señalan el método de "acodo aéreo", en el cual se elimina el empleo de la etiolación. Sin embargo, Whitsell *et al*. (1989) señalan que ha sido un método exitoso en el enraizamiento de sólo algunos cultivares, pero no como un procedimiento comercial. Por otro lado, Barrientos *et al*. (1986), trabajando con estacas, determinaron indispensable el uso del ahilamiento para lograr el enraizamiento.

La etiolación parece ser un tratamiento indispensable para lograr la emisión regular de raíces en tallos en algunos genotipos de aguacate (Frolich, 1951; Salazar y Borys, 1983; Alves de Oliveira *et al*., 1999). Por ejemplo, Barrientos *et al*. (1986), trabajando con los cultivares de "Palto" Colín V-33 y Fuerte, encontraron que sin una previa etiolación, el enraizado de los brotes fue nulo, a pesar de haberse realizado tratamientos con auxinas, anillados y usando camas enraizadoras.

Acodo

El acodo es un método de propagación por el cual se induce la formación de raíces adventicias en una rama de un clon, cuando aún permanece unida a la planta madre. La rama enraizada, o acodo es separado y se convierte en una planta íntegra que cuenta con sus propias raíces y su propio sistema caulinar. La acumulación de fotosintatos y hormonas endógenas en el área de enraizamiento son factores de mucha importancia en el éxito del proceso, que puede además ser promovido por tratamientos externos como anillado, cortes o heridas, doblado de ramas o aplicaciones de hormonas sintéticas como el AIB, (Hartmann *et al*., 1997).

El brote enraizado, es entonces cortado de la planta madre para crecer sobre sus propias raíces, originando una nueva planta. Es un método alternativo para algunas especies de difícil enraizamiento por estacas, o que no pueden ser propagados por injerto como en el caso del litchi, (Ram y Majumdar, 1980), citados por Rodríguez (2003); pues además de evitar el estrés hídrico causado por la ausencia de raíces, dispone de nutrimentos durante todo el período de enraizamiento, (Alves de Oliveira *et al*., 1999)

Hartmann y Kester (1997), mencionan que junto con la etiolación, el acodo aéreo induce la formación de raíces adventicias en tallos adheridos a la planta mediante una interrupción en la traslocación basipétala, acumulando materiales orgánicos, auxinas y otros factores de crecimiento en el punto de formación de raíces adventicias.

Weaver (1980), señala que el acodo se utiliza con frecuencia para propagar especies que forman raíces con mucha dificultad, siendo éste el caso del aguacate. Por eso es que gran parte de los trabajos, tanto a nivel de investigación como comercial, en propagación clonal de portainjertos de aguacate consideran en su metodología el uso del acodo.

Salazar *et al*. (1983), describen la técnica de propagación clonal de "Palto" a la que llamaron "franqueamiento", en el cual se acoda el brote joven del portainjerto que se desea propagar vegetativamente sin que sea previamente etiolado. Sin embargo, utilizando esta técnica y con tratamiento de AIB 10 000 $mg.L^{-1}$, 160 días después de aplicado los tratamientos no encontraron respuestas positivas en 'Hass', mientras que en 'Martin Grande' se alcanzó un 54% de enraizamiento, pero la mitad de los brotes tuvieron menos de tres raíces.

Anillado

El anillado, práctica que consiste en la remoción de una porción de corteza, ocasiona una obstrucción temporal del flujo descendente de fotoasimilados, proporcionando la acumulación de varios metabolitos encima de esta región. El ácido indolacético (AIA), producido principalmente en los ápices de los brotes y hojas jóvenes es transportado basipetalmente por un mecanismo polar a través del floema, (Mohr y Schopfer, 1995) y, se acumula encima del anillo donde la corteza es retirada. Otro metabólito, el almidón, también producido por las hojas y transportado por el floema, se acumula arriba del anillo y puede estar asociado al número de raíces producidas, (Veierskov, 1988; Alves de Oliveira *et al*., 1999).

Castro *et al*. (2003), señalan que la técnica del anillado, ocasiona la interrupción del transporte de fotoasimilados y algunas fitohormonas en el floema, entre la rama anillada y las otras partes del árbol. Con esta práctica, se deja toda el agua y nutrientes presentes en ella, disponibles para la parte baja del árbol (portainjerto), donde se quiere estimular para lograr alguna brotación, solo en algunos casos se ha usado como herramienta en la obtención de copias de árboles.

Durand (1990), citado por Rodríguez (2003), indica que la exposición de raíces de "Palto" a la luz, en conjunto con el anillado permitiría la obtención de brotes del portainjerto los que posteriormente podrían ser clonados. Por otra parte, el proceso de brotación está influenciado por la acción de reguladores de crecimiento, dentro de ellos las citokininas, las cuales son sintetizadas mayoritariamente en la zona de las raíces, y están implicadas en la división celular, proliferación de yemas axilares, neoformación de órganos *in vitro*, y otros, (Azcón y Talon, 2000), citados por Rodríguez (2003).

Weaver (1980), señala que la iniciación de raíces en tallos acodados, puede facilitarse ya sea mediante el cingulado o el anillado estrecho del tallo con alambre. Con cualquiera de éstas técnicas, se interrumpe el floema y se detiene el desplazamiento descendente de las hormonas y los

asimilados de carbohidratos, de modo que se acumulan por encima del anillo, estimulando el enraizamiento. A menudo se ha señalado que la aplicación de auxinas exógenas estimula aún mejor el enraizamiento.

Alves de Oliveira *et al*. (1999), en un trabajo con acodos de brotes etiolados de palto en contenedores, determinaron que la aplicación de AIB fue más eficiente cuando adicionalmente el acodo fue anillado. Porlingis *et al*. (1999) citados por Rodríguez (2003), señalan que al parecer, tanto el anillado como la constricción del tallo, son necesarios para el enraizamiento.

Auxinas en el proceso de enraizamiento

Weaver (1980), señala que las hormonas de las plantas (o fitohormonas), son reguladores producidos por las mismas plantas, que en bajas concentraciones, regulan los procesos fisiológicos de aquéllas. Por lo común, las hormonas se desplazan en el interior de las plantas de un lugar de producción a un sitio de acción. En cambio, al referirse a productos sintéticos que se utilicen para controlar cultivos, éstos deben ser llamados reguladores del crecimiento.

Gran parte de los avances científicos obtenidos en relación a la propagación clonal de portainjertos de aguacate, han estado enfocados principalmente a la optimización de la etapa de enraizamiento, a través de la evaluación de diferentes tipos de lesionados y también al uso de diferentes tipos y dosis de reguladores de crecimiento del tipo auxínicas, (Brokaw, 1987; Ernst, 1999; Hofshi, 1996; Whiley *et al*, 2007).

En horticultura, el efecto estimulador de las auxinas en la formación de raíces adventicias ha sido muy útil para la propagación vegetativa de plantas por estaquillado, (Taiz y Zeiger, 1998).

El rol del AIA (ácido indolacético) en la dominancia apical ha sido conocido desde hace mucho tiempo, aunque no es muy claro el rol directo de las auxinas en el crecimiento de los brotes de especies frutales leñosas. Todo apunta a un control del crecimiento por un cambio en el equilibrio entre estimuladores e inhibidores endógenos, en respuesta al ambiente y al propio estado de desarrollo de la planta, (Gil, 1997).

Otro factor que se considera directamente involucrado en el proceso de enraizamiento, es la auxina endógena, que es una hormona que se encuentra en forma natural en las plantas y su forma más común es el ácido indol-3-acético (AIA). De manera general, las auxinas son reconocidas como sustancias que estimulan la división celular y frecuentemente fomentan el desarrollo de callos y raíces en varias especies vegetales, (Taiz y Zeiger, 1998).

Las auxinas estimulan también la división celular; por ejemplo, frecuentemente fomentan el desarrollo de callos, de los que se desprenden crecimientos similares a raíces. Las auxinas son muy efectivas en iniciar la formación de raíces de varias especies vegetales. Las auxinas pueden iniciar la floración (por ejemplo en la piña) e inducir el amarre de fruto y su desarrollo en algunas especies, (Weaver, 1980).

Taiz y Zeiger (1998), indican que las raíces se forman porque el AIA se tiende a acumular inmediatamente sobre cualquier herida, en brotes o raíces, como resultado del transporte polar de auxinas. Con este propósito se han desarrollado diferentes productos comerciales (la mayoría de ellos contienen auxinas sintéticas), que al aplicarlos a la base de las estacas promueven la formación de raíces adventicias e incrementan su capacidad de enraizado, (Salazar *et al*., 2004).

Numerosos trabajos de investigación en diversas especies confirman esta posibilidad, siendo el AIB y el ANA, las auxinas sintéticas más empleadas a diversas concentraciones y aplicadas en diferentes modalidades, (Escobedo, 2009).

Al respecto, Baldini (1992), señala que en el estudio de diferentes productos rizógenos, el más eficaz ha resultado ser el AIB (ácido indolbutírico). Nautiyal y Rawat (1994), citados por García *et al*. (2005), coinciden con lo anterior al encontrar que el IBA fue más efectivo que el AIA o que una combinación de ambos, para promover enraizado de estacas de *Tectona grandis* L. Uno de los aspectos importantes al utilizar estos productos, es determinar la concentración adecuada de aplicación para cada especie y tipo de estaca.

Las auxinas son sintetizadas en el meristemo apical y traslocadas hacia la base de la planta. Se ha encontrado que la aplicación de auxinas incrementa el movimiento de fotoasimilados al sitio de iniciación de primordios de raíz, (Puri y Kara, 1992), citados por Salazar *et al*. (2004). De aquí la importancia de la conversión del almidón en azúcares, ya que la sacarosa y la glucosa son carbohidratos que favorecen el enraizado, (Hansen, 1987).

Barrientos *et al*. (1986), basándose en la técnica de Frolich y Platt (1971), utilizaron los ácidos naftalenacético e indolbutírico a 300 y 10 000 mgL^{-1} respectivamente, obteniendo más del 90% de enraizamiento en estacas etioladas de los cultivares Fuerte y Colín V-33.

Respecto de los reguladores del crecimiento, Preece (1987), mencionado por Rodríguez (2003), afirma que la actividad de éstos, generalmente, ocurre porque la sustancia de crecimiento aplicada, sustituta de la hormona, afecta su síntesis, catabolismo, conjugación, transporte o sitios de recepción.

Si la presencia de la auxina es reconocida como un factor que promueve la formación de raíces adventicias, la aplicación de reguladores de crecimiento tipo auxinas como el ácido indolbutírico (AIB), puede incrementar la concentración interna de la hormona, reforzar su efecto y mejorar la calidad de las raíces, (Ernst y Holtzhuasen, 1978; Ernst, 1999; Gaspar y Hoffinger, 1988 citados por Velho da Silveira *et al*., 2004).

Respecto a la forma de acción de la auxina sintética, algunos investigadores indican que no actuaría como auxina sino como protector de la auxina endógena AIA, dirigiéndola a la formación de ciertos compuestos fenólicos, entre otros, que podrían ser empleados en el proceso de enraizamiento, (Bastin, 1966; Tustin, 1974), citados por Gandulfo, (1983).

Relación de las hojas con la formación de raíz

Reuveni y Raviv (1980), estudiando la capacidad de enraizamiento de esquejes con hojas, con riego nebulizado, de diez clones diferentes de aguacate, encontraron una correlación positiva entre la supervivencia de hojas y el éxito del enraizamiento. En efecto, la presencia de las hojas es fundamental en la formación de raíces adventicias. Las hojas y brotes jóvenes son fuente de la auxina ácido indol acético (AIA) y del almidón, entre otras sustancias que serían activadoras del enraizamiento a través de procesos que como ya se mencionó, aún no son del todo claros, (Salazar *et al*., 2004; Veierskov, 1988).

Sin embargo, algunos contenidos específicos en las hojas pueden alterar de alguna manera su efecto beneficioso. Reuveni y Raviv (1980), al evaluar el contenido de once elementos en hojas de esquejes de palto, sólo encontraron correlación entre el manganeso (Mn) y la formación de raíces: en hojas de cultivares de difícil enraizamiento se hallaron altos contenidos de Mn; mientras que, en aquellos de fácil enraizamiento el contenido del micro elemento fue mucho menor. Se sabe que el Mn es un activador de la enzima oxidasa del AIA, que destruye las auxinas naturales en la base del esqueje o estaca, ocasionando condiciones adversas al enraizamiento.

Factores Involucrados en el Proceso de Enraizamiento

En aguacate, el tiempo que toma el enraizamiento de los tejidos del tallo suele ser variable y depende del método utilizado, las condiciones ambientales y las características del genotipo estudiado, (Salazar *et al*., 2004).

Temperatura

Salisbury y Ross (1994), señalan que el crecimiento vegetal es extremadamente sensible a la temperatura.

Hartman y Kester (1999), expresan que temperaturas diurnas del aire entre 21 y 27 °C y temperaturas nocturnas de cerca de 15 °C resultan satisfactorias para el enraizamiento de la mayoría de las especies, lo cual coincide con Mainardi (1980), el cual señala que para promover el enraizamiento de brotes o estacas, las temperaturas deben oscilar entre 20 y 26 °C.

Esta precisión en las temperaturas la explican Salisbury y Ross (1994), afirmando que, a menudo, variaciones de baja intensidad implican un cambio significativo en la tasa de crecimiento.

Hartman y Kester (1999) complementan, que es necesario evitar temperaturas del ambiente mayores a las recomendadas, ya que tienden a estimular la brotación de las yemas con anticipación a las raíces, lo cual provoca la pérdida de agua por las hojas a través de la transpiración.

Adicionalmente, Heede y Lecourt (1981), manifiestan que la temperatura del sustrato debe ser 5 °C más alta que la del ambiente para favorecer la actividad de los tejidos que deben emitir raíces.

Humedad

Tiscornia (1984), señala que la humedad ambiental del lugar de enraizamiento debe ser alta, de tal forma que las hojas se cubran con una película de agua para mantener en equilibrio la presión de vapor de agua de la atmósfera y la presión de agua que existe en los espacios intercelulares, y así reducir la temperatura del aire y de las hojas, factores todos que tienden a reducir la tasa de transpiración.

El USDA (1972), manifiesta que la humedad del aire no tiene mucha importancia como fuente directa de agua para las plantas sino que, tiene un gran significado como reguladora de las pérdidas por evaporación del suelo y por transpiración de las plantas.

Luz

Heede y Lecourt (1981), señalan que para el proceso de enraizamiento de estacas o brotes, se debe proporcionar sombra por unos cuantos días, evitando la luz directa del sol, ya que aunque conviene mantener una cierta actividad vegetativa, hay que reducir al mínimo la evapotranspiración y utilizar lo mejor posible las auxinas naturales.

Hartman y Kester (1999), expresan que la luz es de importancia primaria en el enraizamiento de estacas, ya que los productos de la fotosíntesis son importantes para la iniciación y el crecimiento de las raíces. Además, informan que la intensidad y duración de la luz deben ser lo suficientemente grandes para que se acumulen más carbohidratos de los que se emplean en la respiración.

Medio de Enraizamiento

En la comercialización de plántulas de aguacate, se observa la necesidad de investigar causas de mortalidad en los viveros, reconociéndose la importancia de manejar el sustrato como un sistema dinámico en esta fase fenológica, garantizando una fuente de nutrientes y principalmente una adecuada retención de agua y movimiento de gases en su sistema poroso, (Ararat *et al*., 2009).

Según Hartmann y Kester (1999), existen diversos medios y mezclas de sustratos que se usan con el fin de colocar semillas a germinar y hacer enraizar estacas, para tener buenos resultados se requieren las siguientes características:

- El medio debe ser lo suficientemente firme y denso para mantener las estacas o las semillas en su sitio durante el enraizado o germinación; resulta inconveniente que tenga un encogimiento excesivo al secarse.
- Debe retener la suficiente humedad para que no sea necesario regarlo con mucha frecuencia.
- Debe ser lo suficientemente poroso, de modo que se escurra el exceso de agua y permita una aireación adecuada.
- Debe estar libre de malezas, nematodos y otros organismos patógenos nocivos.
- Debe poderse esterilizar con vapor sin que sufra efectos nocivos.
- Debe haber una suficiente provisión de nutrientes para la geminación de las semillas.

Turba

La turba se forma con restos de vegetación acuática, de marismas, de ciénagas o de pantanos, que se ha preservado bajo el agua en un estado de descomposición parcial, (Hartmann y Kester, 1999).

Contenedores

En relación con los contenedores utilizados para el acodo, Oddiraju *et al*. (1994), señalan que la restricción de las raíces afecta el crecimiento y desarrollo de muchas especies de plantas, pero la importancia del contenedor ha sido ignorada en muchas investigaciones.

Frolich y Platt (1971), señalan que en el pasado se usaron grandes contenedores, pero las estacas no enraizaron tan bien como aquéllas que estaban en pequeños contenedores. Además, agregan que los brotes de plantas nodrizas desarrolladas en contenedores de tamaño pequeño, tendieron a ser menos vigorosos y produjeron raíces más rápido que los brotes con fuerte crecimiento de plantas nodrizas desarrolladas en contenedores grandes.

Por otra parte, Oddiraju *et al*. (1994), mencionan que en estudios realizados en *Prunus serotiana* var. virens se ha observado, que al parecer el tamaño del contenedor ejerce una cierta influencia sobre el desarrollo en longitud de las raíces antes que la masa radicular llegue a limitar y sobre poblar el contenedor.

Gardiazabal y Rosenberg (1991), citados por Rodríguez (2003), señalan que los principales factores que hay que considerar al momento de elegir el contenedor son: costo, durabilidad del material, densidad de plantas que se puede lograr por metro cuadrado, facilidad de manejo y permeabilidad del contenedor.

Ventajas y desventajas de la propagación clonal

Ventajas

La experiencia lograda en Sudáfrica, California y otras zonas del mundo donde este sistema de reproducción se utiliza extensamente, como los resultados aportados por la comunidad científica, avalan la clonación como la mejor opción para el desarrollo de la industria del aguacate, (Castro, 2009; Whiley *et al*., 2007; Brokaw, 1987), por las siguientes razones:

- Árboles de crecimiento homogéneo y compacto.
- Árboles con mayor productividad.
- Árboles de menor tamaño y vigor que se adaptan mejor a plantaciones de alta densidad, y que facilitan labores de manejo.
- Tolerantes a enfermedades de raíces como *Phytophthora cinnamomi* o *Phytophthora citrícola*.
- Mejor adaptación a los problemas de clorosis producidos por salinidad o calcio en suelos y/o aguas.

Desventajas

Considerando que este sistema de propagación vegetativa es el principal sistema a través del cual se propagan actualmente a nivel comercial las plantas clonales de esta especie frutal a nivel mundial, diversos autores como Whiley y colaboradores (2007), y Hofshi (1997), coinciden en manifestar las siguientes desventajas de la técnica:

- Todo el proceso involucra mano de obra e infraestructura especializada, y tecnología avanzada.
- El proceso para la obtención de portainjertos clonales requiere de al menos cuatro meses más que el método convencional.
- Las tasas de enraizamiento dependen del genotipo, y en algunos casos aún son bajas.
- Debido a su difícil propagación, los portainjertos clonales tienen un valor más alto en el mercado que, los portainjertos francos.
- Los altos costos de las plantas limitan la adopción de los productores, lo que influye en una pérdida de la competitividad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del Área Experimental

Ubicación geográfica[4]

La investigación se implementó y ejecutó, en la Granja Experimental Tumbaco del INIAP, ubicada en:

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Quito
Parroquia:	Tumbaco
Altitud:	2 348 m snm
Latitud:	00º 13´ 00´´ Sur
Longitud:	78º 24´ 00´´ Oeste

Características climáticas[5]

Temperatura promedio anual:	17.0 °C
Precipitación promedio anual:	800 mm
Humedad relativa:	75 %
Clasificación climática:	9 subhúmedo templado
Clasificación ecológica:	bosque seco Montano Bajo (bs – MB)

Condiciones climáticas de la cámara de etiolación

Temperatura promedio:	19 ºC $\pm$ 2
Humedad relativa:	85 %

Condiciones del invernadero sombreado

Temperatura promedio:	18.5 ºC $\pm$ 2
Humedad relativa:	80 %

Para alcanzar los objetivos planteados, el estudio se dividió en dos fases:

- Fase I: Evaluación de la respuesta de dos tipos de ramilla de injertación de la variedad de aguacate (*Persea americana* Miller) Duke 7; en la producción de brotes etiolados en cuarto oscuro.

[4] INIAP, 2012. Granja Experimental Tumbaco.
[5] INIAP, 2012. Datos obtenidos de la estación meteorológica ubicada en la GET.

- Fase II: Aplicación de dos dosis de ácido indolbutírico (AIB) y dos medios de enraizamiento en brotes etiolados de aguacate (*Persea americana* Miller) variedad Duke 7; en el enraizamiento de acodos aéreos.

FASE I: Evaluación de la respuesta de dos tipos de ramilla de injertación de la variedad de aguacate (*Persea americana* Miller) Duke 7; en la producción de brotes etiolados en cuarto oscuro.

Materiales y Equipos

Material de Injertación

- Portainjertos de semilla de la variedad de aguacate Nacional (planta nodriza), que se obtuvieron del vivero del Programa de Fruticultura del INIAP.
- Ramillas de injertación de la variedad de aguacate Duke 7 (clon), que se recolectaron del Lote 3 de la colección de aguacate (*Persea americana* Miller) de la Granja Experimental Tumbaco del INIAP.
- Cinta de injertación
- Navaja
- Tijeras de podar

Material para la Construcción de la Cámara de etiolación

- Plástico negro
- Tiras de madera
- Cartón
- Cinta de embalaje
- Material eléctrico
- Papel periódico

Materiales de Campo

- Manguera
- Regadera
- Libro de campo
- Letreros de identificación
- Mascarilla
- Guantes
- Equipo de protección

Equipos

- Termómetro ambiental
- Cámara fotográfica
- Cinta métrica

Insumos

Fertilizantes

- Raiziner
- Vitafol
- Fitogrow
- Bioenergía

Fungicidas e Insecticidas

- Tachigaren
- Cekudazim
- Captan
- Beltanol L
- Score
- Aliette
- Cipermetrina
- Karate

Metodología

Factor en Estudio

- Ramillas de injertación

Tratamientos

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN TRATAMIENTOS
t1	ramilla corta (2 yemas)
t2	ramilla larga (3 yemas + yema apical)

Unidad Experimental

La unidad experimental estuvo formada por diez plantas colocadas en doble hilera, espaciadas a 0.15 m. La unidad experimental neta consideró las diez plantas.

Características de la Unidad Experimental

- Número de unidades experimentales: 8
- Forma de la unidad experimental: Rectangular
- Distancia entre plantas: 0.05 m
- Distancia entre hileras: 0.15
- Distancia entre bloques: 0.50 m
- Distancia entre tratamientos: 0.50 m.
- Superficie unidad experimental: 0.75 x 0.15 m
- Superficie total del ensayo: 4.50 x 1.40 m
- Número de plantas/parcela neta: 10
- Número de plantas totales: 80

Diseño Experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar, con 4 repeticiones y dos tratamientos.

Análisis Estadístico

Esquema del Análisis de la Varianza

Este se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Esquema del Análisis de Variancia para la evaluación de dos tipos de ramilla de injertación de aguacate (*Persea americana* Miller) Duke 7 en la producción de brotes etiolados en cuarto oscuro. Tumbaco, Pichincha. 2012.

FUENTES DE VARIACIÒN	GL
TOTAL	7
TRATAMIENTOS (Ramillas)	1
REPETICIONES	3
ERROR EXPERIMENTAL	3
PROMEDIO =	
CV= %	

Análisis Funcional

En el ADEVA, al encontrar diferencias estadísticas significativas para los tratamientos en estudio, se realizó la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5%.

Variables y Métodos de Evaluación

Días al inicio de brotación del injerto Duke 7

Para esta variable, se registraron los días que transcurrieron desde el día de la injertación del portainjerto Nacional con ramilla Duke 7, hasta la emisión de los primeros brotes visibles del injerto.

Número de brotes emitidos por planta

En cada unidad experimental, se determinó el número de brotes emitidos y se estableció el promedio por planta. La evaluación se realizó al mes de iniciada la brotación.

Número de brotes etiolados planta

A los 30 días de ingresadas las plantas a la cámara de etiolación, se contabilizó el número total de brotes etiolados de las ramillas injertas y se obtuvo el promedio de brotes por planta y se expreso en porcentaje.

Tamaño de brotes etiolados por planta

Se determinó el tamaño de los brotes etiolados a los 40 días de haber iniciado la brotación. Se obtuvo el promedio por planta y se expresó en centímetros.

Días transcurridos desde el ingreso de plantas a la cámara de etiolación hasta la obtención de brotes etiolados

Se contabilizaron los días que transcurrieron desde el ingreso de las plantas a la cámara de etiolación hasta que los brotes alcanzaron una longitud mínima 20 cm de largo y estuvieron totalmente ahilados.

Métodos de Manejo del Experimento

Portainjertos de semilla

Para la obtención de los portainjertos francos, se seleccionaron semillas de aguacate de la variedad Nacional, posteriormente se procedió a la siembra en fundas individuales para su crecimiento. La siembra se realizó en agosto de 2011.

Una vez que el tallo obtuvo el diámetro adecuado (6 mm) se procedió a injertar el patrón con ramillas de la variedad de aguacate Duke 7.

Injertación con Duke 7

Cuando los portainjertos de semilla alcanzaron un diámetro de 6 mm, se procedió a injertar 100 plantas. El tipo de injerto fue el de púa terminal. La injertación se realizó a inicios de enero de 2012. Las plantas injertas con ramillas de aguacate Duke 7 permanecieron en el invernadero hasta que inició la brotación de las ramillas.

Eliminación de los brotes del portainjerto de semilla

Junto con la brotación de las yemas de Duke 7 rebrotan las del portainjerto de semilla, estas se eliminaron con un puntero para no dañar las yemas de Duke 7.

Paso de las plantas a la cámara de etiolación

Al iniciar la brotación, las plantas ingresaron a la cámara de etiolación, el 15 de febrero de 2011. La cámara cumplió con las siguientes condiciones:

- Permaneció totalmente oscura durante todo el proceso de etiolación
- La temperatura estuvo en un rango de entre 16 y 22 ° C
- La humedad relativa permaneció dentro del 85 al 90 %
- La ventilación fue necesaria durante este proceso

El crecimiento dentro de la cámara de etiolación hizo que los brotes tomen un color blanco debido a la falta de clorofila, que se produce por la carencia luz solar, lo que resulta ideal para la inducción de raíces.

Instalación del ensayo

Las 100 plantas injertadas, ingresaron a la cámara de etiolación; fue necesario seleccionarlas, dado que la brotación de la ramilla injertada no es uniforme. Para este ensayo se seleccionaron 80 plantas.

Las parcelas experimentales con una superficie de 0.75 x 0.45, se instalaron en un cuarto totalmente oscuro, las parcelas fueron rotuladas y se sortearon los tratamientos dentro de las repeticiones.

Riego

Los riegos se realizaron de acuerdo el requerimiento de la planta. En la cámara de etiolación, el riego fue necesario una vez por semana. En el invernadero el riego se realizó de acuerdo a la necesidad de la planta, cuidando el exceso de humedad para evitar la falta de oxígeno y pudrición de los brotes y raíces.

Fertilizaciones

Se realizaron fertilizaciones en “drench” cada 15 días, durante las etapas de injertación e inicio de brotación (invernadero) y etiolación (cámara oscura).

Controles fitosanitarios

Se realizaron controles fitosanitarios cada 15 días en las etapas de injertación e inicio de brotación. En la fase de etiolación, los controles se realizaron semanalmente, ya que ésta fue la etapa más crítica por el ataque de hongos como *Colletotrichum sp*, *Fusarium sp* y *Pytium sp*.

FASE II: Aplicación de dos dosis de ácido indolbutírico (AIB) y dos medios de enraizamiento en brotes etiolados de aguacate (*Persea americana* Miller) variedad Duke 7; en el enraizamiento de acodos aéreos.

Materiales y Equipos

Materiales de Campo

- Alambre de cobre
- Fundas de polietileno
- Papel aluminio
- Sarán
- Regadera
- Libro de campo
- Letreros de identificación
- Equipo de protección

Materiales de Laboratorio

- Ácido indolbutírico (IBA)
- Alcohol potable al 70 %
- Hidróxido de sodio al 50 %
- Agua destilada
- Erlenmeyer
- Vasos de precipitación
- Agitador
- Gotero
- Guantes
- Mascarilla

Equipos

- Termómetro ambiental
- Balanza electrónica
- pH metro
- Cámara fotográfica
- Cinta métrica
- Bisturí

Insumos

Sustrato

- Turba

Fertilizantes

- Raiziner
- Vitafol
- Fitogrow
- Bioenergía

Fungicidas e Insecticidas

- Tachigaren
- Cekudazim
- Captan
- Beltanol L
- Score
- Aliette
- Cipermetrina
- Karate
- Neem X

Metodología

Factores en Estudio

- Dosis de ácido indolbutírico (D)

- d1: 5 000 ppm
- d2: 10 000 ppm

- Medios de enraizamiento (M)

- m1:Sustrato (turba)
- m2:Envoltura de papel aluminio

- Adicional

- adc: Estrangulamiento con alambre de cobre

Tratamientos

Estos se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Tratamientos para el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

TRATAMIENTOS	CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN TRATAMIENTOS
t1	d1m1	AIB 5 000 ppm y sustrato
t2	d1m2	AIB 5 000 ppm y envoltura de papel alumínio
t3	d2m1	AIB 10 000 ppm y sustrato
t4	d2m2	AIB 10 000 ppm y envoltura de papel alumínio
t5	adicional	Estrangulamiento con alambre de cobre y sustrato

Unidad Experimental

La unidad experimental estuvo formada por tres plantas colocadas en hilera, espaciadas a 0.15 m. La unidad experimental neta consideró las tres plantas.

Características de la Unidad Experimental

- Número de unidades experimentales: 20
- Forma de la unidad experimental: Rectangular
- Distancia entre plantas: 0.15 m
- Distancia entre bloques: 0.50m
- Distancia entre tratamientos: 0.50 m.
- Superficie unidad experimental: 0.75 x 0.15 m

- Superficie total del ensayo: 4.50 x 2.75 m
- Número de plantas/parcela total y por parcela neta: 3
- Número de total de plantas: 60

Diseño Experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar dispuesto en arreglo factorial 2 x 2 + 1, con tres plantas por tratamiento y 4 repeticiones.

Análisis Estadístico

Esquema del Análisis de la Varianza

Este se presenta en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Esquema del Análisis de Variancia en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

FUENTES DE VARIACIÒN	GL
TOTAL	19
REPETICIONES	3
TRATAMIENTOS	4
Dosis	1
Medios	1
D x M	1
Factorial vs Adicional	1
ERROR EXPERIMENTAL	12
PROMEDIO:	
CV: ___ %	

Transformación de datos

Para las variables número total de brotes que formaron raíces, número total de brotes que formaron callo, número total de brotes que no formaron estructuras, número de raíces y longitud de raíces se realizó la transformación ($\sqrt{(x+1)}$).

Análisis Funcional

En el ADEVA, al encontrar diferencias estadísticas significativas para los factores en estudio, se realizó la prueba de Tukey al 5% para tratamientos y para la interacción Dosis x Medios. También

se realizó Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5% para dosis, medios y para la interacción Factorial vs Adicional.

Variables y Métodos de Evaluación

Número total de brotes etiolados para iniciar el proceso de enraizamiento

Previo a la aplicación de los tratamientos en los brotes etiolados para iniciar el proceso de enraizamiento, se contabilizó el número de brotes iniciales y se obtuvo el promedio por tratamiento.

Número de brotes que formaron raíces

A los 60 días de aplicados los tratamientos en los brotes etiolados, se procedió a contabilizar el número de brotes que formaron raíces y se obtuvo el promedio por tratamiento. Se consideraron como raíces a aquellas estructuras con longitud mínima de 2 mm.

Porcentaje de brotes enraizados

Se determinó el porcentaje de brotes enraizados, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de brotes enraizados} = \frac{\text{\# total de brotes que formaron raíces x 100}}{\text{\# total de brotes para iniciar enraizamiento}}$$

Número de brotes que formaron callo

Transcurridos 60 días de haber aplicado los tratamientos en los brotes etiolados, se procedió a contabilizar el número de brotes que formaron callo y se obtuvo el promedio por tratamiento y se expresó en porcentaje.

Número de brotes que no formaron estructuras

A los 60 días de haber aplicado los tratamientos en los brotes etiolados, se procedió a contabilizar el número de brotes que no formaron estructuras y se obtuvo el promedio por tratamiento y se expresó en porcentaje.

Número de raíces por brote

Transcurridos 60 días de haber aplicado los tratamientos en los brotes etiolados, se procedió a contabilizar el número de raíces y se determinó el promedio por brote enraizado.

Longitud de raíces

A los 60 días después de aplicados los tratamientos en los brotes etiolados, se procedió a medir la longitud de las raíces y se determinó el promedio por brote enraizado. La medida fue expresada en centímetros.

Tamaño de brotes a 60 días del corte

Una vez que han transcurrido los 60 días del proceso de enraizamiento, se procedió a medir el tamaño de los brotes enraizados y se determinó el crecimiento promedio por planta. La medida fue expresada en centímetros.

Número de hojas por brote

Luego de 60 días de aplicar los tratamientos en los brotes etiolados, se procedió a contar el número de hojas por brote para establecer su influencia en la formación de raíces; se determinó el promedio por planta.

Días hasta la obtención raíces

Se contabilizaron los días transcurridos desde la aplicación de los tratamientos en los brotes etiolados, hasta que al menos uno de los brotes presentó raíces.

Métodos de Manejo del Experimento

Instalación del ensayo

Contando con la existencia de plantas nodrizas con brotes etiolados, obtenidos en la fase I de este estudio; se seleccionaron 57 plantas con un brote etiolado cada una y para completar las 60 plantas necesarias para aplicar los tratamientos de estimulación radicular, se seleccionaron 3 plantas con 2 brotes etiolados cada una; estas plantas fueron ubicadas al azar y formaron parte la primera y tercera observación del tratamiento 2 en la repetición II y de la tercera observación del mismo tratamiento en la repetición III.

Los brotes fueron expuestos a la luz durante 7 días, pero se cubrió parte de su tercio basal con papel aluminio de tal manera que el brote comenzó a desetiolarse y la zona cubierta en donde se aplicaron los tratamientos se mantuvo etiolada. Las parcelas experimentales con una superficie de 0.75 x 0.15, se instalaron en un sombreadero, las parcelas fueron rotuladas y se sortearon los tratamientos dentro de las repeticiones.

Riego

Los riegos se efectuaron de acuerdo el requerimiento de la planta, cuidando el exceso de humedad para evitar la falta de oxígeno y pudrición de los brotes y raíces.

Fertilizaciones

Las fertilizaciones se realizaron en “drench”, cada 15 días, durante la etapa de estimulación radicular y enraizamiento.

Controles fitosanitarios

Se realizaron controles fitosanitarios cada 15 días, para la fase estimulación radicular y enraizamiento en invernadero.

Preparación de la hormona y fungicida

El proceso de preparación de la hormona, en sus diferentes dosis, se describe en el Anexo 3.

Inducción de raíces con corte y hormona

Una vez obtenidos los brotes etiolados, se procedió a realizar un corte en forma de anillo de aproximadamente 3 mm de ancho en la corteza del brote, cerca de la base del tallo y se aplicó la hormona AIB (ácido indolbutírico) con un pincel, en las dosis de 5 000 ó 10 000 ppm, de acuerdo al tratamiento correspondiente. Luego de la aplicación de la hormona se procedió a hacer una desinfección a manera de protección contra patógenos con una solución de Tachigaren (Himexazol – 1 cc/L) y Score (Difeconazol – 1 cc/L).

Posteriormente, en los tratamientos correspondientes se introdujo una funda vacía a lo largo del brote etiolado, misma que se rellenó con sustrato a base de turba, y en los restantes, los cortes se cubrieron con papel aluminio, con el fin de inducir el enraizamiento de los brotes.

Inducción de raíces con estrangulamiento

En el tratamiento adicional se procedió a realizar un anillado aéreo que consistió en estrangular la base del brote etiolado con alambre de cobre para estimular el enraizamiento. El paso siguiente fue introducir el brote en una funda de polietileno y llenarlo con sustrato.

Enraizamiento

Las plantas se colocaron en un invernadero, bajo una doble malla de sombra; transcurridos 60 días se esperó la formación de raíces.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase I: Evaluación de la respuesta de dos tipos de ramilla de injertación de la variedad de aguacate (*Persea americana* Miller) Duke 7; en la producción de brotes etiolados en cuarto oscuro.

Días al Inicio de Brotación del Injerto Duke 7

El Análisis de la Varianza, Cuadro 7, detecta diferencias altamente significativas para tratamientos y ninguna significancia estadística para repeticiones. El promedio general para inicio de la brotación del injerto Duke 7 fue de 43.46 días y el coeficiente de variación fue de 0.41 %, que se considera excelente para este tipo de investigación.

Cuadro 7. Análisis de la Varianza para tres variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

F de V	GL	CUADRADOS MEDIOS		
		Días al inicio de brotación	Número de brotes emitidos	Número de brotes etiolados
Total	7			
Ramillas	1	22.781 **	1.62 **	0.101 *
Repeticiones	3	0.015 ns	0.01 ns	0.005 ns
Error Experimental	3	0.031	0.01	0.011

PROMEDIOS =	43.46 días	1.88 brotes	1.31 brotes
C V =	0.41 %	5.33 %	8.08 %

DMS al 5 % para tratamientos, Cuadro 8, detectó dos rangos de significación. En el primer rango se ubicó t1 (ramilla corta) que obtuvo el menor tiempo de inicio de brotación con un promedio de 41.78 días; mientras que en el segundo rango, con el mayor tiempo para el inicio de brotación del injerto, se encontró t2 (ramilla larga), con un promedio de 45.15 días.

Para explicar la diferencia de brotación entre los dos tipos de ramilla, es importante considerar que en el caso de t1 (ramilla corta) se realizó una poda, la cual consistió en la eliminación del meristemo apical; entonces, la aceleración de la brotación en t1 puede deberse al efecto de la poda realizada. Al respecto, Salisbury y Ross (1994), manifiestan que si el meristemo apical se corta, eliminándose la producción de auxina, las yemas axilares quedan desinhibidas y comienzan a crecer vigorosamente.

Aunque se ha mencionado que en aguacate, la brotación de la ramilla injertada ocurre luego de 21 a 30 días de haber realizado la injertación, ésta puede variar de acuerdo al cultivar injertado, al estado

de madurez de las yemas, y por supuesto, a las condiciones ambientales existentes desde la injertación a la brotación. La injertación de las ramillas de Duke 7, se realizó a principios del mes de enero de 2012. Durante los meses de enero y de febrero del mismo año, las temperaturas reportan una media de 17 y 18 ºC, lo que influyó directamente en el retraso del proceso de brotación de la ramilla injertada, ya que según Benacchio (1983), la media óptima para iniciar la brotación está entre 22 y 25 °C.

Cuadro 8. DMS al 5 % en el análisis de los tratamientos para tres variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	PROMEDIOS		
		Inicio de brotación (días)	Número de brotes emitidos	Número de brotes etiolados
t1	ramilla corta	41.78 a	1.43 b	1.20 b
t2	ramilla larga	45.15 b	2.33 a	1.43 a

Número de brotes emitidos por planta

El Análisis de la Varianza, Cuadro 7, detecta diferencias altamente significativas para tratamientos y ninguna significancia estadística para repeticiones. El promedio general fue de 1.88 brotes y el coeficiente de variación fue de 5.33 %, considerado como excelente para este tipo de investigación.

DMS al 5 % para tratamientos, Cuadro 8, detecta dos rangos de significación. En el primer rango se ubica t2 (ramilla larga) que obtuvo la mejor respuesta en cuanto a número de brotes emitidos por planta, con un promedio de 2.33 brotes; mientras que, en el segundo rango, con menor número de brotes por planta, se encuentra t1 (ramilla corta) con un promedio de 1.43 brotes.

Al momento de la recolección, las ramillas para la injertación presentaron hasta 2 yemas para ramillas cortas y 4 yemas para ramillas largas. Cabe destacar que los injertos de ramilla larga presentaron una marcada dominancia apical, que impidió que las yemas de la parte basal de la ramilla se desarrollaran con total normalidad, incluso hasta frenar su crecimiento.

Al respecto Salisbury y Ross (1994), señalan que, el efecto de dominancia apical consiste en la inhibición del crecimiento de las yemas axilares por parte del ápice del vástago. La auxina que se produce en el meristemo apical del tallo se difunde hacia abajo, reprimiendo el crecimiento de las yemas axilares.

Como era de esperarse, la ramilla de injertación con mayor número de yemas t1, presentó mayor número de brotes emitidos. En efecto, existió una relación directa entre el número de yemas la ramilla y el número de brotes emitidos por ramilla.

Número de brotes etiolados por planta

El Análisis de la Varianza, Cuadro 7, detectó diferencias significativas para tratamientos y ninguna diferencia estadística para repeticiones. El promedio general para número de brotes etiolados por planta fue de 1.31 brotes y el coeficiente de variación fue de 8.08 %, considerado como excelente para este tipo de investigación.

DMS al 5 % para tratamientos, Cuadro 8, detecta dos rangos de significación; en el primer rango se ubica t2 (ramilla larga) con la mejor respuesta en cuanto a número de brotes etiolados por planta con un promedio de 1.43 brotes etiolados; mientras que, en el segundo rango con menor número de brotes etiolados por planta se encuentra t1 (ramilla corta), con un promedio de 1.20 brotes etiolados.

Respecto al número de brotes etiolados por ramilla, los promedios obtenidos en los dos tratamientos en evaluación, se enmarcan dentro de los resultados obtenidos en otras investigaciones; así, Pullas (2011), obtuvo un promedio de 1.40 brotes etiolados por ramilla; Aguilera (2007), alcanzó un promedio de brotes etiolados de 1.20 y Escobedo (2009), menciona un promedio de 1.60 brotes, con la utilización de cámaras oscuras individuales.

Aunque, el tratamiento t2 (ramilla larga) presentó un promedio de brotes etiolados mayor que t1 (ramilla corta), este fue menos eficiente si se relaciona con el número de yemas de la ramilla, que fue de cuatro (0.29), en comparación con t1que tuvo dos yemas por ramilla, y obtuvo una relación de 0.4.

Cabe mencionar que, durante el proceso de etiolación se presentaron factores que incidieron en la pérdida de los brotes, tal es el caso del ataque de los hongos *Pythium sp*., y *Colletotrichum sp.*; puesto que, las condiciones de altas temperaturas, humedad relativa y baja aireación dentro de la cámara de etiolación, favorecieron el desarrollo de estos hongos.

4.1.4 Porcentaje de brotes etiolados

El Análisis de la Varianza, Cuadro 9, detectó diferencias altamente significativas para tratamientos y ninguna significancia para repeticiones. El promedio general para porcentaje de brotes etiolados fue de 76.67 % y el coeficiente de variación fue de 4.61 %, considerado como excelente para este tipo de investigación.

DMS al 5 % para tratamientos, Cuadro 10, detectó dos rangos de significación. En el primer rango se ubicó t1 (ramilla corta) que obtuvo la mejor respuesta en cuanto a porcentaje de brotes etiolados con un promedio de 88.75 %; mientras que en el segundo rango con menor porcentaje de brotes etiolados se encuentra t2 (ramilla larga), con un promedio de 64.58 %.

De acuerdo a los resultados, se puede señalar que las plantas injertadas con ramilla corta alcanzaron mayores porcentajes de brotes etiolados en buen estado, en referencia al número de brotes emitidos, debido a que este tratamiento presentó menor número de brotes y estos tuvieron menor competencia en su desarrollo, lo que dio lugar a brotes que mantuvieron un crecimiento uniforme

durante todo el proceso de etiolación. En tanto que, las plantas injertadas con ramilla larga originaron menores porcentajes de brotes etiolados, porque aunque presentaron mayor número de brotes, por efecto de la dominancia apical, el brote principal inhibió el crecimiento de los brotes basales, mismos que no superaron una longitud mayor a 10 cm, que fue la medida mínima para la selección.

Así mismo, los porcentajes alcanzados para esta variable superan los resultados obtenidos en investigaciones similares; por ejemplo, Aguilera (2007), trabajando con el cultivar Duke y bajo condiciones de temperatura y humedad controladas (25°C y 70% HR), en cuartos oscuros de etiolación, reporta 32.6 % de plantas que formaron brotes etiolados.

Cuadro 9. Análisis de la Varianza para tres variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

F de V	GL	CUADRADOS MEDIOS		
		Porcentaje de brotes etiolados	**Tamaño de brotes etiolados**	**Días a la obtención brotes etiolados**
Total	7			
Ramillas	1	1168.06 **	32.40 **	25,56 **
Repeticiones	3	16.67 ns	0.05 ns	0,028 ns
Error Experimental	3	12.50	0.08	0,008

PROMEDIOS =	76.67 %	24.49 cm	34.41 días
C V =	4.61 %	1.16 %	0.26 %

1.1.5 Días transcurridos desde el ingreso de las plantas a la cámara de etiolación hasta la obtención de brotes etiolados

El Análisis de la Varianza, Cuadro 9, detecta diferencias altamente significativas para tratamientos y ninguna diferencia estadística para repeticiones. El promedio general para los días transcurridos para la obtención de brotes etiolados por planta fue de 34.41 días y el coeficiente de variación fue de 0.26 %, considerado como excelente para este tipo de investigación.

DMS al 5 % para tratamientos, Cuadro 10, detecta dos rangos de significación. En el primer rango se ubica t2 (ramilla larga) que obtuvo la mejor respuesta en cuanto a días a la obtención de brotes etiolados por planta con un promedio de 32.63 días; mientras que, en el segundo rango con mayor tiempo para la obtención de brotes etiolados se encuentra t1 (ramilla corta), con un promedio de 36.20 días.

El promedio de días para la obtención de brotes ahilados dentro de cámaras de etiolación muestra que, las condiciones ambientales de las cámaras de etiolación incidieron en la obtención de brotes

en un tiempo aproximado de 35 días. Al respecto, Phillips (1985), señala que en la etapa de etiolación en la propagación de paltos, las plantas necesitan condiciones medio ambientales precisas, siendo la temperatura óptima 25 °C. Por otra parte, Brokaw (1987); indica que la temperatura ideal para el desarrollo de brotes etiolados fluctúa entre los 21 y 24 °C.

Los días transcurridos para la obtención de brotes etiolados a partir de ramillas de injertación larga (t2), fueron menores en cuatro días frente a los que necesitaron aquellos obtenidos de ramillas cortas. La dominancia apical que presentó la ramilla larga incidió en un crecimiento acelerado de los brotes que alcanzaron el ahilamiento en menor tiempo. En relación a lo reportado en esta investigación, en varios trabajos de investigación en los que se utilizan brotes etiolados de aguacate, los tiempos que se utilizan para obtenerlos varían entre 3 y 8 semanas, (Ernst, 1999; Rodríguez, 2003; Aguilera, 2007).

Cuadro 10. DMS al 5 % en el análisis de los tratamientos para tres variables en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN	**PROMEDIOS**		
		Porcentaje de brotes etiolados (%)	**Tamaño de brotes etiolados (cm)**	**Obtención de brotes etiolados (días)**
t1	ramilla corta	88.75 a	22.48 b	36.20 b
t2	ramilla larga	64.58 b	26.50 a	32.63 a

Tamaño de brotes etiolados por planta

El Análisis de la Varianza, Cuadro 9, detectó diferencias altamente significativas para tratamientos y ninguna diferencia estadística para repeticiones. El promedio general para tamaño de brotes etiolados por planta fue de 24.49 cm y el coeficiente de variación fue de 1.16 %, considerado como excelente para este tipo de investigación.

DMS al 5 % para tratamientos, Cuadro 10, detectó dos rangos de significación. En el primer rango se ubica t2 (ramilla larga) que obtuvo la mejor respuesta en cuanto a tamaño de brotes etiolados por planta con un promedio de 26.50 cm; mientras que, en el segundo rango con menor tamaño de brotes etiolados se encuentra t1 (ramilla corta), con un promedio de 22.48 cm. Esta respuesta se puede explicar por la alta heterocigosis que presentan las semillas de palto, lo que conlleva a diferencias en el hábito vegetativo, (Calabrese, 1992).

Las plantas injertas con ramilla larga, obtuvieron un promedio de tamaño mayor que el obtenido por aquellos injertos provenientes de ramillas cortas. Para fines de investigación, se consideró como un brote de calidad a brotes etiolados que alcanzaron una longitud de 20 a 25 cm y que presentaron una condición totalmente ahilada, como condición básica para iniciar el proceso de enraizamiento.

Escobedo (2009), señala que, 20 días en condiciones de oscuridad parece que es un tiempo prudencial para obtener brotes etiolados no menores de 8 cm. Sin embargo, muchos brotes excedieron el tamaño mínimo, llegando a longitudes de 15 cm o más. Así mismo, las longitudes de brotes etiolados que se logran van desde los 7.5 cm hasta los 40 cm, (Frolich y Platt, 1971; Hofshi, 1997; Alves de Oliveira *et al*., 1999; Ernst, 1999).

Fase II: Aplicación de dos dosis de ácido indolbutírico (AIB) y dos medios de enraizamiento en brotes etiolados de aguacate (*Persea americana* Miller) variedad Duke 7; en el enraizamiento de acodos aéreos.

Número total de brotes etiolados para iniciar el proceso de enraizamiento

En el Cuadro 11, se observa la distribución de los brotes etiolados en cada tratamiento, quedando de la siguiente manera: para los tratamientos t1 (AIB 5 000 ppm y sustrato), t3 (AIB 10 000 ppm y sustrato), t4 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio) y t5 (estrangulamiento con alambre de cobre), el número de brotes por repetición fue de 3 (dato que se consideró para determinar el número de brotes enraizados, brotes con callo y brotes que no formaron estructuras) y el número total de brotes etiolados para iniciar el proceso de enraizamiento por tratamiento fue de 12 (dato que se tomó en cuenta para determinar el porcentaje de brotes enraizados, brotes con callo y brotes que no formaron estructuras).

Debido a la heterogeneidad de la brotación, fue necesario seleccionar 3 plantas que obtuvieron dos brotes etiolados cada una, las cuales se distribuyeron al azar dentro del ensayo formando parte de t2 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio); en este caso, en la segunda repetición se evaluaron 5 brotes y en la tercera se evaluaron 4 brotes, dando un total para este tratamiento de 15 brotes etiolados (las evaluaciones se realizaron en los dos brotes). La evaluación de las variables analizadas estadísticamente se realizó a los 60 días de haber aplicado los tratamientos.

Cuadro 11. Promedios del número total de brotes etiolados para iniciar el proceso de enraizamiento en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

TRATAMIENTOS		**REPETICIONES**				Σ T	**Promedios**
Nº	Código	I	II	III	IV		
t1	d1m1	3.00	3.00	3.00	3.00	12.00	3.00
t2	d1m2	3.00	5.00	4.00	3.00	15.00	3.75
t3	d2m1	3.00	3.00	3.00	3.00	12.00	3.00
t4	d2m2	3.00	3.00	3.00	3.00	12.00	3.00
t5	adicional	3.00	3.00	3.00	3.00	12.00	3.00
Σ Repeticiones		15.00	17.00	16.00	15.00	63.00	3.15

Número de brotes que formaron raíces

El Análisis de la Varianza, Cuadro 12, detecta diferencias altamente significativas para tratamientos, medios de enraizamiento y para la interacción Factorial vs Adicional; diferencia significativa para dosis de AIB y ninguna significancia para repeticiones y para la interacción Dosis x Medios. El promedio general para número de brotes que formaron raíces fue de 1.10 brotes y el coeficiente de variación fue de 12.29 %, considerado como muy bueno para este tipo de investigación.

Cuadro 12. Análisis de la Varianza para tres variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

F de V	GL	CUADRADOS MEDIOS		
		Número de brotes que formaron raíces	**Número de brotes que formaron callo**	**Número de brotes que no formaron estructuras**
Total	19			
Repeticiones	3	0.006 ns	0.005 ns	0.018 ns
Tratamientos	4	0.261 **	0.161 *	0.151 ns
Dosis	1	0.168 *	0.311*	0.011 ns
Medios	1	0.325 **	0.016 ns	0.095 ns
D x M	1	0.042 ns	0.311 *	0.011 ns
Fact vs Adicional	1	0.509 **	0.007 ns	0.488 **
Error Experimental	12	0.030	0.037	0.049

PROMEDIOS **(**√(x+ 1)**)** =	1.42	1.61	1.16
PROMEDIOS (real) **=**	1.10	1.65	0.40
C V =	12.29 %	11.89 %	19.36 %

Tukey al 5 % para tratamientos, Cuadro 13, identificó dos rangos de significación. El primer rango conformado por los tratamientos t4 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio), t2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio) y t3 (AIB 10 000 ppm y sustrato) con promedios de 2.25; 1.25, y 1.00 respectivamente. El segundo rango lo conformaron los tratamientos t1 (AIB 5 000 ppm y sustrato) con un promedio de 0.75 brotes enraizados y t5 (estrangulamiento con alambre de cobre) con un promedio de 0.25 brotes enraizados.

Los resultados muestran claramente que, el empleo de hormonas y anillado son necesarios, ya que incentivan un mayor número de brotes enraizados con respecto al tratamiento tradicional que emplea el estrangulamiento de los brotes. En base a estos resultados, se puede manifestar que en el primer rango, en el que se encuentran tres tratamientos, los dos primeros corresponden a diferentes dosis de hormona pero que tienen en común el empleo de papel aluminio para incentivar las raíces.

El tratamiento t5 en el que se emplea el estrangulamiento, presentó un número mínimo de brotes enraizados, lo cual es importante conocer ya que, varios autores aún la recomiendan como alternativa de enraizamiento, (Barrientos *et al*., 1986; Veierskov, 1988).

DMS al 5 % para dosis de AIB, Cuadro 13, detecta dos rangos de significación. En el primer rango se ubica d2 (10 0 00 ppm) que obtuvo la mejor respuesta en cuanto a número de brotes que formaron raíces con un promedio de 1.31; mientras que, en el segundo rango con la menor respuesta se encuentra d1 (5 000 ppm) con un promedio de 1.00 brote. Estos resultados permiten señalar que existe una mejor respuesta para brotes que formaron raíces, en aquellos brotes que se trataron con la dosis máxima de ácido indolbutírico que corresponde a 10 000 ppm.

DMS al 5 % para medios de enraizamiento, Cuadro 13, detecta dos rangos de significación. En el primer rango se ubica m2 (envoltura de papel aluminio) que obtuvo la mejor respuesta en cuanto a número de brotes que formaron raíces con un promedio de 1.75; mientras que, en el segundo rango presentando el menor número de brotes enraizados se encuentra m1 (sustrato) con un promedio de 0.88 brotes.

Estos resultados demuestran que, el medio de enraizamiento que corresponde a la envoltura de papel aluminio induce mayor formación de raíces en brotes etiolados, que aquellos en los que se emplea el sustrato. Muchas de las investigaciones para el enraizamiento de brotes de aguacate, se han realizado empleando sustrato, (Alves de Oliveira *et al*., 1999; Ernst, 1999). Con la implementación de una metodología que consideró el empleo de una envoltura de papel aluminio (Escobedo, 2009), con la cual en un tiempo relativamente corto (60 días) se logró obtener brotes con raíces en crecimiento, resulta bastante importante para la propagación clonal del aguacate.

En el Cuadro 13, promedios para la interacción D x M, se observa que el mayor número de brotes enraizados se obtiene con t4 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio) y t2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio) con un promedio de 2.25 y 1.25 respectivamente; mientras que, con t3 (AIB 10 000 ppm y sustrato) y t1 (AIB 5000 ppm y sustrato) se obtiene la menor respuesta para número de brotes enraizados con un promedio de 1.00 y 0.75 brotes respectivamente. Estos resultados muestran que, a diferentes dosis de AIB, existe efecto positivo del papel aluminio para la obtención de mayor número de brotes enraizados, en comparación con la turba que se empleó como sustrato.

DMS al 5 % para la interacción Factorial vs Adicional, Cuadro 13, identifica dos rangos de significación. Ubicándose en el primer rango con la mejor respuesta se encuentra el factorial (D x M) con un promedio de 1.31 brotes; mientras que, en el segundo rango con la menor respuesta se ubica el adicional (Estrangulamiento con alambre de cobre) con un promedio de 0.25 brotes.

Los resultados obtenidos con los tratamientos de anillado y empleo de hormonas, guardan relación con investigaciones similares, así Alves de Oliveira *et al*. (1999), manifiesta que en evaluaciones realizadas para el enraizamiento de brotes de aguacate, a los 70 días de la aplicación de los tratamientos, observó que el anillado de la corteza combinado con 10 $g.L^{-1}$ de AIB fue superior estadísticamente a los demás tratamientos y promovió mayor número de acodos enraizados. En forma separada, los brotes etiolados con anillado también fueron superiores estadísticamente al estrangulamiento.

Cuadro 13. Promedios y pruebas de significación para tres variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Tratamientos	Código	Descripción	PROMEDIOS					
			Número de brotes que formaron raíces		Número de brotes que formaron callo		Número de brotes que no formaron estructuras	
				(*)		**(*)**		
			real	**(**√(x+1)	real	**(**√(x+1)	real	**(**√(x+1)
t1	d1m1	AIB 5 000 ppm y funda con sustrato	0.75	1.31 b	1.75	1.65 a	0.50	1.20
t2	d1m2	AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio	1.25	1.49 a	2.50	1.86 a	0.00	1.00
t3	d2m1	AIB 10 000 ppm y funda con sustrato	1.00	1.41 a	1.75	1.65 a	0.25	1.10
t4	d2m2	AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio	2.25	1.80 a	0.75	1.31 b	0.00	1.00
t5	adicional	Estrangulamiento con alambre de cobre	0.25	1.10 b	1.50	1.57 a	1.25	1.47
Dosis de AIB				**(**)**		**(**)**		
d1		5 000 ppm	1.00	1.40 b	2.13	1.76 a	0.25	1.10
d2		10 000 ppm	1.63	1.60 a	1.25	1.48 b	0.13	1.05
Medios de Enraizamiento				**(**)**				
m1		Sustrato	0.88	1.36 b	1.75	1.65	0.38	1.15
m2		Envoltura de papel aluminio	1.75	1.64 a	1.63	1.59	0.00	1.00
Interacción Dosis x Medios				**(*)**		**(*)**		
d1m1		AIB 5 000 ppm y funda con sustrato	0.75	1.31 b	1.75	1.65 a	0.50	1.20
d1m2		AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio	1.25	1.49 ab	2.50	1.86 a	0.00	1.00
d2m1		AIB 10 000 ppm y funda con sustrato	1.00	1.41 b	1.75	1.65 a	0.25	1.10
d2m2		AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio	2.25	1.80 a	0.75	1.31 b	0.00	1.00
Interacción Factorial vs Adicional				**(**)**				**(**)**
Factorial		Dosis x Medios	1.31	1.50 a	1.69	1.62	0.19	1.08 b
Adicional		Estrangulamiento con alambre de cobre	0.25	1.41 b	1.50	1.57	1.25	1.47 a

(*) Tukey 5 % (**) DMS 5 %

Número de brotes que formaron callo

El Análisis de la Varianza, Cuadro 12, detecta diferencias significativas para tratamientos, dosis de AIB y para la interacción Dosis x Medios, no se hallaron diferencias estadísticas para repeticiones,

medios de enraizamiento y para la interacción Factorial vs Adicional. El promedio general para número de brotes que formaron callo fue de 1.65 brotes y el coeficiente de variación fue de 12.29 %, considerado como muy bueno para este tipo de investigación.

Tukey al 5 % para tratamientos, Cuadro 13, identificó dos rangos de significación. En el primer rango, alcanzando el mayor número de brotes con callo se encuentran t2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio) con un promedio de 2.50 brotes; t1 (AIB 5 000 ppm y sustrato) y t3 (AIB 10 000 ppm y sustrato) con un promedio 1.75 brotes y t5 (estrangulamiento) con 1.50 brotes; mientras que, en el segundo rango se ubica t4 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio), que muestra un menor número de brotes con callo, con un promedio de 0.75.

Es necesario considerar que t4 fue el tratamiento que promovió el mayor número de brotes con raíces, razón por la que, en esta variable presenta el menor número de brotes con callo; es importante destacar que tanto t4 como t2 inducen la formación de la mayor cantidad de brotes con raíz y callo, estos tratamientos tienen como factor común el empleo de papel aluminio como medio para la formación de raíces.

DMS al 5 % para dosis de AIB, Cuadro 13, detecta dos rangos de significación. En el primer rango se ubica d1 (5 000 ppm) que obtuvo mayor número de brotes que formaron callo con un promedio de 2.13 brotes; mientras que, en el segundo rango encuentra d2 (10 000 ppm) con un promedio de 1.25 brotes con callo.

En cuanto a las dosis de ácido indolbutírico, la diferencia estadística demuestra que el mayor número de brotes con callo se presenta en aquellos tratamientos que recibieron dosis de 5 000 ppm; debido a que los tratamientos que recibieron dosis de 10 000 ppm obtuvieron mejores resultados para brotes que formaron raíces, de acuerdo a los resultados obtenidos para esta variable, la dosis más alta promueve la formación raíces y la dosis menor promueve mayor formación de callo.

Promedios para medios de enraizamiento, Cuadro 13, se observa que m1 (sustrato) presentó mayor número de brotes que formaron callo con un promedio de 1.75 brotes; mientras que, menor número de brotes con callo se obtuvo con m2 (envoltura de papel aluminio) con un promedio de 1.63 brotes.

En cuanto a los medios de enraizamiento que se evaluaron en esta investigación, la formación de callo es mayor en aquellos tratamientos que se manejaron con sustrato frente a los tratamientos que manejaron con envoltura de papel aluminio.

En contraste con investigaciones similares, el tiempo establecido para la formación de callos y de raíces es sumamente variable; utilizando una metodología diferente a la que se utiliza para la obtención de acodos aéreos en aguacate (sustrato), los resultados obtenidos en esta investigación son considerables. En efecto, Aguilera (2007), en un ensayo de acodo aéreo de brotes etiolados en palto observó emisión de callo 2 y 3 meses después de realizado el acodo en Duke y en la Selección U-3, respectivamente.

Tukey al 5 % para la interacción D x M, Cuadro 13, detecta dos rangos de significación. En el primer rango con el mayor número de brotes que formaron callo se ubican d1m2 (AIB 5 000 ppm y

envoltura de papel aluminio) con un promedio de 1.86 brotes, d1m1 (AIB 5 000 ppm y sustrato) y d2m1 (AIB 10 000 ppm y sustrato) con un promedio de 1.65 brotes; mientras que, el menor número de brotes que formaron callo se obtiene con d2m2 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio) con un promedio de 2.25 brotes.

Los resultados obtenidos confirman que, el tratamiento t4 que presentó el mayor número de brotes enraizados, obtuvo los menores promedios de número de brotes con callo, contrario a lo sucedido con t3 que presentó menor número de brotes enraizados y mayor número de brotes con callo. En estos tratamientos que tienen una dosis similar de hormona (10 000 ppm), el factor que provoca diferencias es el medio de enraizamiento, que en el caso de t4 es el papel aluminio y en t3 el sustrato a base de turba.

Promedios para la interacción Factorial vs Adicional, Cuadro 13, se observa que el Factorial (Dosis x Medios) presentó mayor número de brotes que formaron callo con un promedio de 1.69 brotes; mientras que, menor número de brotes con callo se obtuvo con el Adicional (Estrangulamiento con alambre de cobre) con un promedio de 1.50 brotes.

Al respecto de la formación del callo, muchos son los autores que señalan que luego de la formación de éste empieza la aparición de raíces, Ernst y Holtzhausen (1987), señalan que, al momento de que un esqueje es colocado en condiciones favorables para su enraizamiento; normalmente hay un desarrollo de callos en la parte basal del esqueje.

El callo es una masa irregular de células parenquimáticas en diferentes estados de lignificación. En palto, no hay certeza en cuanto a la conexión anatómica entre la formación de callo y el enraizamiento. A veces las raíces aparecen directamente del tejido de la rama, con o sin desarrollo de callo en el esqueje. Frente a lo señalado es importante realizar un seguimiento por más tiempo de los brotes con callo para determinar si en aguacate, éste es la base para la emisión de nuevas raíces, (Rodríguez, 2003; Aguilera, 2007; Escobedo, 2009). En general los tratamientos que produjeron menos brotes enraizados, presentan el mayor número de brotes con callo.

Número de brotes que no formaron estructuras

El Análisis de la Varianza, Cuadro 12, detecta diferencia altamente estadística para la interacción Factorial vs Adicional; no se hallaron diferencias estadísticas para tratamientos, repeticiones, dosis de AIB, medios de enraizamiento y para interacción Dosis x Medios. El promedio general para número de brotes que no formaron estructuras fue de 0.40 brotes y el coeficiente de variación fue de 19.36 %, considerado como bueno para este tipo de investigación.

En el Cuadro 13, promedios para tratamientos, se observa que el mayor número de brotes que no formaron estructuras se obtuvo con t5 (estrangulamiento con alambre de cobre) y t1 (AIB 5 000 ppm y sustrato) con un promedio de 1.25 y 0.50 brotes respectivamente; mientras que, t2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio) y t4 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio), muestran el menor número en cuanto a brotes que no formaron estructuras, con un promedio de 0.00. Además, se observa que el tratamiento adicional (estrangulamiento con alambre de cobre) obtuvo mayor número de brotes que no formaron estructuras, los tratamientos que

también presentan brotes sin estructuras son aquellos en los que se utilizó sustrato como medio de enraizamiento t1 (AIB 5 000 ppm y sustrato) y t2 (10 000 ppm y sustrato). Estos resultados muestran que los tratamientos que presentaron mayor cantidad de brotes con raíces y callo, t1, t2, t3, y t4, tienen bajos promedios de plantas sin estructuras, no así el tratamiento con estrangulamiento t5 que presentó un alto número de brotes sin estructuras.

DMS al 5 % para la interacción Factorial vs Adicional, Cuadro 13, identifica dos rangos de significación. En el primer rango se ubica el adicional (estrangulamiento con alambre de cobre), que presentó el mayor número de brotes que no formaron estructuras con un promedio de 1.25 brotes; en tanto que, en el segundo rango se encuentra el factorial (Dosis x Medios) que obtuvo el menor número de brotes que no formaron estructuras con un promedio de 0.19 brotes.

Estos resultados permiten determinar que a los 60 días de promovido el enraizamiento, el tratamiento con estrangulamiento, que ha sido generalmente recomendado, presenta un promedio alto de brotes sin raíces ni callo, no así los tratamientos con el empleo de hormonas y anillado que por el contrario presentan baja cantidad de plantas sin estructuras de raíz, lo que demuestra que con el empleo de nuevas alternativas de producción se pueden mejorar las tasas de enraizamiento frente a la práctica tradicional. Trabajo realizados por Alves de Oliveira *et al*. (1999) en Brasil, Rogel *et al*. (1998) en México, y Escobedo (2009) en Perú, demuestran que el empleo de IBA en dosis de 10 000 ppm y cortes en los tallos inducen de manera consistente la formación de raíces en brotes de aguacate, frente a resultados variables con el método tradicional del estrangulamiento.

Porcentaje de brotes enraizados, porcentaje de brotes que formaron callo y porcentaje de brotes que no formaron estructuras

En base a los promedios presentados para tratamientos en las variables: número de brotes enraizados, número de brotes que formaron callo y número de brotes que no formaron estructuras, se procedió a realizar el cálculo de los porcentajes y el gráfico correspondiente. El Cuadro 14 presenta los porcentajes para estas variables, correspondientes a cada tratamiento.

De acuerdo a los promedios obtenidos por los tratamientos, se puede señalar que el tratamiento que estimuló el mayor porcentaje de brotes enraizados fue t4 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio), que obtuvo promedios del 75.00 %, adicionalmente presentó el 25 % de brotes con callo, lo que representa el 100% de brotes con estructuras. Otro tratamiento interesante es el t2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio) que presenta el 32.92% de brotes enraizados, y el 67.08% de brotes con callo, induciendo la formación de estructuras de raíz en 100% de los brotes. Con menor eficacia se encuentra el tratamiento t3 (AIB 10 000 ppm y sustrato) que incentivó el 33.33 y 58.34 % de los brotes con raíces y callo respectivamente, pero tuvo un 8.33 % de brotes sin estructuras de raíz.

Cuadro 14. Promedios del porcentaje de brotes enraizados, brotes que formaron callo y brotes que no formaron estructuras en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

TRATAMIENTOS			PROMEDIOS		
Nº	Código	Descripción	Brotes que formaron raíces (%)	Brotes que formaron callo (%)	Brotes que no formaron estructuras (%)
t1	d1m1	AIB 5 000 ppm y sustrato	25.00	58.33	16.67
t2	d1m2	AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio	32.92	67.08	0.00
t3	d2m1	AIB 10 000 ppm y sustrato	33.33	58.34	8.33
t4	d2m2	AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio	75.00	25.00	0.00
t5	adicional	Estrangulamiento con alambre de cobre	8.33	50.00	41.67

En el Gráfico 1, se observan las barras representativas de los porcentajes alcanzados en cada tratamiento respecto a las variables en mención.

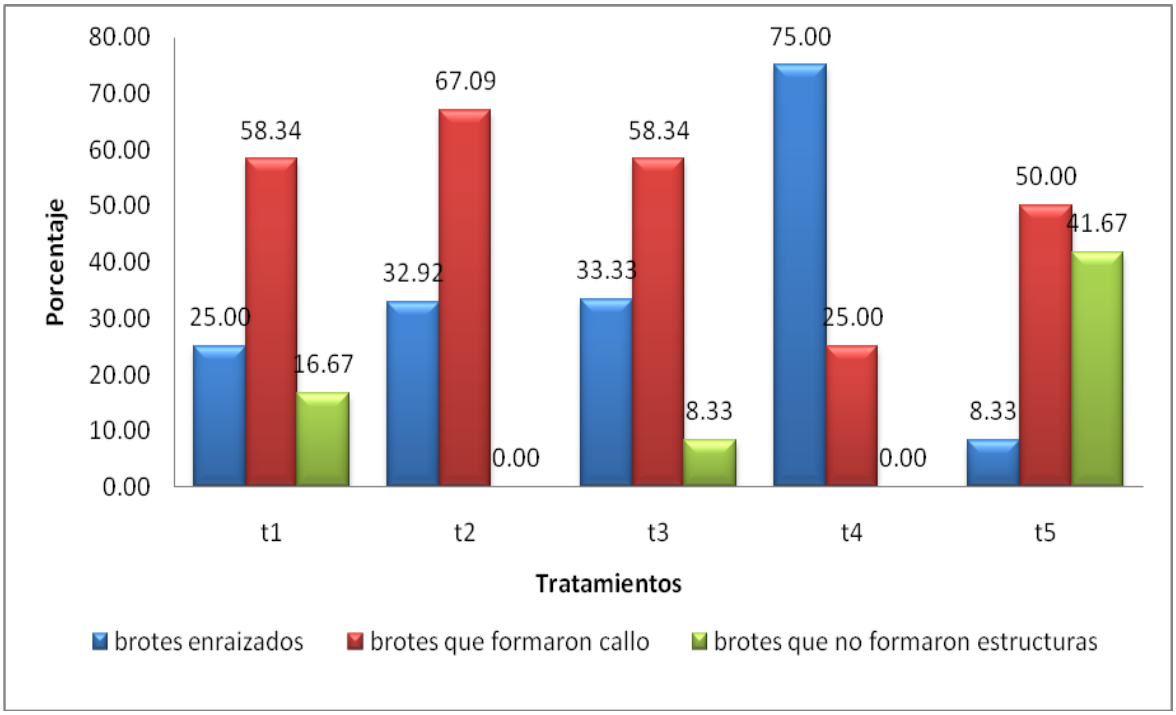


Gráfico 1. Promedios del porcentaje de brotes enraizados, brotes que formaron callo y brotes que no formaron estructuras en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Cabe resaltar, que la respuesta positiva de los tratamientos a más de las dosis altas de AIB empleadas, se debió al anillado o corte transversal realizado en la base del brote etiolado, ya que resultó también en un estímulo bastante favorable en la formación de raíces en brotes aún adheridos a las plantas nodrizas. Esto ocurrió porque, según Hartmann *et al.* (1997), el anillado ejerció un bloqueo inmediato sobre el flujo descendente de los productos elaborados por la fotosíntesis de las hojas, proporcionando la acumulación de varios metabolitos arriba de la región anillada, como almidón, fitohormonas y cofactores de enraizamiento que favorecen la formación de raíces adventicias.

Por el contrario, el tratamiento t5 (estrangulamiento con alambre de cobre) presentó porcentajes bajos de enraizamiento con 8.33%; 50% de brotes con callo, y altos porcentajes de brotes sin ninguna estructura de raíz con 41.67%, lo que demuestra la inconsistencia de este tratamiento para su empleo comercial.

El estrangulado también debería interrumpir la circulación de los fotoasimilados, sin embargo, hasta los 60 días el crecimiento del brote, el diámetro, no fue suficiente para aumentar la presión del alambre, de modo que interrumpiera la circulación de fotoasimilados. Mejores resultados tal vez pudieran ser obtenidos si fuese utilizado un alambre más delgado, con mayor flexibilidad y que sea amarrado con mayor presión contra la corteza del brote. Los resultados obtenidos en este experimento demuestran que el acodo es una técnica viable para la producción vegetativa de variedades copa y también de portainjertos de aguacate, cuyo enraizamiento por estacas es difícil (Frolich y Platt, 1971; Kadman y Ben Ya'acov, 1965).

Con respecto este tema, Escobedo (2009), obtuvo el mejor resultado con la más alta dosis de AIB (10 000 ppm), que formó el más elevado porcentaje de brotes con raíces con 53.3 %, en comparación con la dosis mínima de AIB (5 000 ppm), que obtuvo el 30.0 %, presentando diferencias estadísticas altamente significativas. Alves de Olivera *et al*. (1999), con la aplicación de 10 $g.L^{-1}$ de AIB promovió mayor porcentaje de acodos enraizados (73.6 %), formación de raíces primarias y secundarias por planta.

Número de raíces por brote

El Análisis de la Varianza, Cuadro 15, detecta diferencias altamente significativas para tratamientos, medios de enraizamiento y para la interacción Factorial vs Adicional y ninguna significación estadística para repeticiones, dosis de AIB y para la interacción Dosis x Medios. El promedio general para número de raíces por brote fue de 4.03 raíce y el coeficiente de variación fue de 18.46 %, considerado como muy bueno para este tipo de investigación.

Tukey al 5 % para tratamientos, Cuadro 16, identificó 3 rangos de significación. Ocupando el primer rango con mayor número de raíces por brote se ubican t4 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio), t2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio), y t3 (AIB 10 000 con funda y sustrato) con promedios de 7.04; 5.83 y 4.50 respectivamente; mientras que, ocupando el tercer rango con la menor respuesta en cuanto a número de raíces por brote se ubica t5 (estrangulamiento con alambre de cobre), con un promedio de 0.75 raíces.

Cuadro 15. Análisis de la Varianza para dos variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

F de V	GL	CUADRADOS MEDIOS	
		Número raíces por brote	**Longitud de raíces**
Total	19		
Repeticiones	3	0.05 ns	0.006 ns
Tratamientos	4	1.57 **	0.093 **
Dosis	1	0.693 ns	0.082 *
Medios	1	1.470 **	0.137 **
D x M	1	0.300 ns	0.013 ns
Fact vs Adicional	1	4.055 **	0.138 **
Error Experimental	12	0.16	0.011

PROMEDIOS **(**√(x+ 1)**)** =	2.15 raíces	1.22 cm
PROMEDIOS (real) **=**	4.03 raíces	0.52 cm
C V =	18.46 %	8.40 %

En el Cuadro 16, promedios para dosis de AIB, se observa que d2 (10 000 ppm) presentó mayor número raíces por brote con un promedio de 5.77 raíces; mientras que, menor número de raíces se obtuvo con d1 (5 000 ppm) con un promedio de 3.94 raíces.

DMS al 5 % para medios de enraizamiento, Cuadro 16, detecta dos rangos de significación. En el primer rango se ubica m2 (envoltura de papel aluminio) que obtuvo mayor número raíces por brote con un promedio de 6.21 raíces; mientras que, en el segundo rango encuentra m1 (sustrato) con un promedio de 3.50 raíces.

Las mejores respuestas en cuanto a número de raíces se obtuvieron para los brotes que se trataron con la dosis mas alta de AIB (10 000 ppm); además, como ya se ha mencionado, el medio de enraizamiento cumplió un rol importante en la formación de raíces que incidió también en el número obtenido de raíces, generando, con la envoltura de papel aluminio mayor número de raíces por brote tanto para la dosis de 5 000 ppm como para la dosis de 10 000 ppm de ácido indolbutírico respectivamente.

En contraste con investigaciones similares, Escobedo (2009), menciona los resultados para esta variable; con dosis de 10 000 ppm de IBA, obtuvo un promedio de número de raíces por brote de 13.8 y con dosis de 5 000 ppm, obtuvo un promedio número de raíces por brote de 6.5 raíces. En los tratamientos para estas dosis también utilizó la envoltura de papel aluminio.

Cuadro 16. Promedios y pruebas de significación para dos variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Tratamientos	Código	Descripción	PROMEDIOS			
			Número de raíces		Longitud de raíces (cm)	
				(*)		(*)
			real	(√(x+1)	real	(√(x+1)
t1	d1m1	AIB 5 000 ppm y funda con sustrato	2.50	1.81 b	0.60	1.26 a
t2	d1m2	AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio	5.38	2.53 a	0.28	1.13 b
t3	d2m1	AIB 10 000 ppm y funda con sustrato	4.50	2.34 a	1.12	1.46 a
t4	d2m2	AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio	7.04	2.83 a	0.48	1.21 ab
t5	adicional	Estrangulamiento con alambre de cobre	0.75	1.25 c	0.12	1.06 b
Dosis de AIB						(**)
d1		5 000 ppm	3.94	2.17	0.44	1.19 b
d2		10 000 ppm	5.77	2.58	0.80	1.34 a
Medios de Enraizamiento				(**)		(**)
m1		Sustrato	3.50	2.07 b	0.86	1.36 a
m2		Envoltura de papel aluminio	6.21	2.68 a	0.38	1.17 b
Interacción Dosis x Medios						
d1m1		AIB 5 000 ppm y funda con sustrato	2.50	1.81	0.60	1.26
d1m2		AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio	5.38	2.53	0.28	1.13
d2m1		AIB 10 000 ppm y funda con sustrato	4.50	2.34	1.12	1.46
d2m2		AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio	7.04	2.83	0.48	1.21
Interacción Factorial vs Adicional				(**)		(**)
Factorial		Dosis x Medios	4.85	2.38 a	0.62	1.26 a
Adicional		Estrangulamiento con alambre de cobre	0.75	1.25 b	0.12	1.06 b

(*) Tukey 5 %; (**) DMS 5 %

En el Cuadro 16, promedios para la interacción D x M, se observa que el mayor número de raíces se obtiene con d2m2 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio) con un promedio de 7.04 raíces; mientras que, menor número de brotes raíces se obtiene con d1m1 (AIB 5 000 ppm y sustrato) con un promedio de 2.50 raíces.

DMS al 5 % para la interacción Factorial vs Adicional, Cuadro 16, identifica dos rangos de significación. En el primer rango se ubica el factorial (Dosis x Medios) que presentó mayor número de raíces por brote con un promedio de 4.85 raíces; en tanto que, en el segundo rango se encuentra el adicional (estrangulamiento con alambre de cobre) que obtuvo el menor número de brotes que no formaron estructuras con un promedio de 0.75 raíces.

Longitud de raíces

El Análisis de la Varianza, Cuadro 15, detectó diferencias altamente significativas para tratamientos, medios de enraizamiento y para la interacción Factorial vs adicional, diferencia estadística significativa para dosis de AIB y ninguna significación estadística para repeticiones y para la interacción Dosis x Medios. El promedio general para longitud de raíces fue de 0.52 cm y el coeficiente de variación fue de 8.40 %, que se considera como excelente para este tipo de investigación.

Tukey al 5 % para tratamientos, Cuadro 16, identifica 2 rangos de significación. Ocupando el primer rango con mayor longitud de raíces se ubican t3 (AIB 10 000 ppm y sustrato) y t1 (AIB 5 000 ppm y sustrato), con un promedio de 1.13 cm y 0.60 cm respectivamente. En el segundo rango, con la menor respuesta en cuanto a longitud de raíces se ubican t2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio), con un promedio de 0.28 cm y t5 (estrangulamiento con alambre de cobre), con un promedio de 0.13 cm.

DMS al 5 % para dosis de AIB, Cuadro 16, detecta dos rangos de significación. En el primer rango se ubica d2 (10 000 ppm) que obtuvo la mejor respuesta en cuanto a longitud de raíces con un promedio de 0.80 cm; mientras que, en el segundo rango presentando menor longitud de raíces se encuentra d1 (5 000 ppm) con un promedio de 0.44 cm. La dosis de auxina también influye en la longitud de raíces, mayores longitudes se obtienen con la dosis más alta que corresponde a 10 000 ppm de ácido indolbutírico.

DMS al 5 % para medios de enraizamiento, Cuadro 16, detecta dos rangos de significación. En el primer rango se ubica m1 (sustrato) que obtuvo la mejor respuesta en cuanto a longitud raíces con un promedio de 0.86 cm; mientras que, en el segundo rango presentando menor longitud de raíces se encuentra m2 (envoltura de papel aluminio) con un promedio de 0.38 cm.

Las diferencias estadísticas presentadas en esta variable, señalan que mayores longitudes de raíces se obtienen para los tratamientos en los que se manejó el sustrato como medio de enraizamiento. Los contenidos de macro y micro elementos que contiene la turba, que se utilizó para este ensayo, a más de la humedad del sustrato pudieron incidir en el desarrollo de las raíces frente a aquellos tratamientos que solamente se desarrollaron bajo la envoltura de papel aluminio, en que el medio de desarrollo es bajo en humedad y sin nutrientes. En general, se observa la influencia de los tratamientos en la longitud de las raíces de los brotes de aguacate, obteniéndose mayores longitudes con los tratamientos t3 y t1 que, aunque se manejaron con diferente concentración de hormona, presentan como medio de enraizamiento el sustrato (turba).

En el Cuadro 16, promedios para la interacción D x M, se observa que la mayor longitud de raíces se obtiene con d2m1 (AIB 10 000 ppm y sustrato) con un promedio de 1.12 cm; mientras que,

menor longitud de raíces se obtiene con d1m2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio) con un promedio de 0.28 cm.

DMS al 5 % para la interacción Factorial vs Adicional, Cuadro 16, identifica dos rangos de significación. En el primer rango se ubica el factorial (Dosis x Medios) que presentó mayor longitud de raíces con un promedio de 0.62 cm; en tanto que, en el segundo rango se encuentra el adicional (estrangulamiento con alambre de cobre) que obtuvo el menor longitud de raíces con un promedio de 0.12 cm.

Tamaño de brotes a 60 días del corte

El Análisis de la Varianza, Cuadro 17, detecta; diferencias altamente significativas para medios de enraizamiento, diferencias significativas para repeticiones y tratamientos y ninguna significancia estadística para dosis de AIB, para la interacción Dosis x Medios y para la interacción Factorial vs Adicional. El promedio general para tamaño de brotes a 60 días del corte fue de 29.33 cm y el coeficiente de variación fue de 5.45 %, considerado como excelente para este tipo de investigación.

Aguilera (2007), menciona que la diferencia entre la longitud de brotes puede ser causada por factores externos al momento de seleccionar el material vegetativo para propagar el patrón, tamaño de semilla, estado fenológico del material para injertar, etc. La heterogeneidad en el crecimiento de los brotes, se considera como la razón principal para que se presenten diferencias significativas entre repeticiones.

Cuadro 17. Análisis de la Varianza para dos variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

F de V	GL	CUADRADOS MEDIOS	
		Tamaño de brotes a 60 días del corte (cm)	**Número de hojas por brote**
Total	19		
Repeticiones	3	13.990 *	3.194 ns
Tratamientos	4	9.757 *	4.763 ns
Dosis	1	2.657 ns	1.562 ns
Medios	1	28.837 **	0.570 ns
D x M	1	0.247 ns	16.687 *
Fact vs Adicional	1	6.903 ns	0.071 ns
Error Experimental	12	2.557	3.256

PROMEDIOS =	29.33 cm	1.65
C V =	5.45 %	11.89 %

Cuadro 18. Promedios y pruebas de significación para dos variables en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Tratamientos	Código	Descripción	PROMEDIOS	
			Tamaño de brotes	**Número de hojas/brote**
			(*)	
t1	d1m1	AIB 5 000 ppm y funda con sustrato	30.58 a	13.33
t2	d1m2	AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio	28.30 b	11.67
t3	d2m1	AIB 10 000 ppm y funda con sustrato	30.16 a	11.92
t4	d2m2	AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio	27.08 b	14.34
t5	adicional	Estrangulamiento con alambre de cobre	30.50 a	13.08
Dosis de AIB				
d1		5 000 ppm	29.44	12.50
d2		10 000 ppm	28.62	13.13
Medios de enraizamiento			(**)	
m1		Sustrato	30.37 a	12.62
m2		Envoltura de papel aluminio	27.69 b	13.00
Interacción Dosis x Medios				(*)
d1m1		AIB 5 000 ppm y funda con sustrato	30.58	13.33 a
d1m2		AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio	28.30	11.67 b
d2m1		AIB 10 000 ppm y funda con sustrato	30.16	11.92 b
d2m2		AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio	27.08	14.34 a
Interacción Factorial vs Adicional				
Factorial		Dosis x Medios	29.03	12.81
Adicional		Estrangulamiento con alambre de cobre	30.50	13.08

(*) Tukey 5 %; (**) DMS 5 %

Tukey al 5 % para tratamientos, Cuadro 18, identifica 2 rangos de significación. Ocupando el primer rango con mayor tamaño de brotes se encuentran t1 (AIB 5 000 ppm y sustrato), t5 (estrangulamiento con alambre de cobre), y t3 (AIB 10 000 ppm y sustrato) con promedios de 30.58; 30.50 y 30.17 cm respectivamente. En el segundo rango, con la menor respuesta en cuanto a tamaño de brotes se ubican t2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio) y t4 (AIB

10 000 ppm y envoltura de papel aluminio), con un promedio de 28.30 cm y 37,08 cm respectivamente. Es decir, se observa la influencia de los tratamientos en el crecimiento de los brotes de aguacate, obteniéndose mayor tamaño con los tratamientos t1, t5 y t3, que aunque tuvieron diferentes dosis de hormona, tuvieron como factor en común el desarrollo en sustrato a base de turba.

En el Cuadro 18, promedios para dosis de AIB, se observa que mayor tamaño de brotes se obtiene con d1 (5 000 ppm) con un promedio de 29.44 cm; mientras que, menor tamaño de brotes se obtiene con d2 (10 000 ppm) con un promedio de 28.62 cm.

DMS al 5 % para medios de enraizamiento, Cuadro 18, detecta dos rangos de significación. En el primer rango se ubica m1 (sustrato) que obtuvo mayor tamaño de brotes con un promedio de 30.37 cm; mientras que, en el segundo rango presentando menor tamaño de brotes se encuentra m2 (envoltura de papel aluminio) con un promedio de 27.69 cm. Los tratamientos que presentaron mayor tamaño de brotes fueron aquellos que se manejaron con el medio de enraizamiento que corresponde al sustrato a base de turba y que coinciden con aquellos que presentaron mayor longitud de las raíces, pero menor porcentaje de brotes enraizados.

De acuerdo con esto, no queda claro si el mayor tamaño de los brotes se debe a que las pocas raíces, pero de buen tamaño, que crecen en sustrato absorben y traslocan nutrientes que influyen en el crecimiento de los brotes o de debe establecer que puede existir una relación negativa entre el desarrollo de brotes y la producción de raíces, ya que los fotoasimilados, según varios autores, se traslocan a la base del tallo para promover la generación de raíces, lo cual va en detrimento del crecimiento vegetativo, (Rodríguez, 2003; Aguilera, 2007; Escobedo, 2009).

En el Cuadro 18, promedios para la interacción D x M, se observa que el mayor tamaño de brotes se obtiene con d1m1 (AIB 5 000 ppm y sustrato) con un promedio de 30.58 cm; mientras que, menor tamaño de brotes se obtiene con d2m2 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio) con un promedio de 27.08 cm.

En el Cuadro 18, promedios para la interacción Factorial vs Adicional, se observa que el mayor tamaño de brotes se obtiene con el adicional (estrangulamiento con alambre de cobre) con un promedio de 30.50 cm; mientras que, menor tamaño de brotes se obtiene con el factorial (Dosis x Medios) con un promedio de 29.03 cm.

Número de hojas por brote

El Análisis de la Varianza, Cuadro 17, detecta diferencia significativa para la interacción Dosis x Medios y ninguna significancia estadística para repeticiones, tratamientos, dosis de AIB, medios de enraizamiento y para al interacción Factorial vs Adicional. El promedio general para número de hojas por brote fue de 12.87 y el coeficiente de variación fue de 14.02 %, considerado como muy bueno para este tipo de investigación.

En el Cuadro 18, promedios para tratamientos; se observa que t4 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio), t1 (AIB 5 000 ppm y sustrato) y t5 (estrangulamiento con alambre de cobre);

obtuvieron mayor número de hojas por brote con un promedio de 14.34, 13.33 y 13.08 respectivamente. Los tratamientos que presentaron menor número de hojas por brote fueron t3 (AIB 10 000 ppm y sustrato), con un promedio de 11.92 y t2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio), con un promedio de 11.67.

En el Cuadro 18, promedios para dosis de AIB, se observa que mayor número de hojas se obtiene con d2 (10 000 ppm) con un promedio de 13.13 hojas; mientras que, menor número de hojas se obtiene con d1 (5 000 ppm) con un promedio de 12.50 hojas.

En el Cuadro 18, promedios para medios de enraizamiento, se observa que mayor número de hojas se obtiene con m2 (envoltura de papel aluminio) con un promedio de 13.00 hojas; mientras que, menor número de hojas se obtiene con m1 (sustrato) con un promedio de 12.62 hojas.

Tukey al 5 % para la interacción Dosis x Medios, Cuadro 18, identifica 2 rangos de significación; ocupando el primer rango con mayor número de hojas por brote se encuentra d2m2 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio) con un promedio de 14.34 hojas; mientras que, en el segundo rango, con menor número de hojas por brote se ubica d1m2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio) con un promedio de 11.92 hojas.

En general, se observa que no existe mucha diferencia entre los promedios de cada tratamiento en cuanto al número de hojas; t4 presentó el promedio más alto.

Los resultados obtenidos, sugieren que en esta investigación, aunque la diferencia entre tratamientos en cuanto a número de hojas es mínima, no existe relación entre la producción de hojas y la formación de raíces en el brote, sobre todo si consideramos al tratamiento t4 que fue el que incentivó mayor formación de raíces y que t5 presentó menor número de raíces formadas.

En el Cuadro 18, promedios para la interacción Factorial vs Adicional, se observa que el mayor número de hojas por brote se obtiene con el adicional (estrangulamiento con alambre de cobre) con un promedio de 13.08 hojas; mientras que, menor tamaño número de hojas se obtiene con el factorial (Dosis x Medios) con un promedio de 12.81 hojas.

Veierskov (1998), describe una relación positiva del contenido de carbohidratos con la capacidad de enraizado y el número de raíces formadas en estacas de diferentes especies leñosas y herbáceas, y agrega que es común que exista una gradiente en la concentración de carbohidrato desde el ápice hasta la base de los tallos; las hojas y las raíces pueden competir por carbohidratos. Al respecto, Reuveni y Raviv (1980), citados por Rogel (2000), destacan la importancia de la retención de hojas para el éxito en el enraizamiento de estacas semileñosas de palto, mostrando una correlación positiva entre el número de hojas retenidas con la habilidad de enraizamiento en los diversos clones analizados, atribuyendo un efecto a la producción y acumulación de almidón en la base de las estacas durante el periodo de enraizamiento.

Días a la obtención de raíces

Para esta variable se consideró los tratamientos t1, t2, t3 y t4 que fueron los que presentaron formación de raíces en todas las repeticiones; el tratamiento adicional, no se tomó en cuenta para esta variable ya que presentó brotes enraizados en una sola repetición y la evaluación con respecto a días a la obtención de raíces para t5 no pudo manejarse como dato de cero.

El Análisis de la Varianza, Cuadro 19, detecta diferencias altamente significativas para tratamientos, dosis de AIB, medios de enraizamiento y para la interacción Dosis x Medios y ninguna significación estadística para repeticiones. El promedio general para días a la obtención de raíces fue de 57.69. y el coeficiente de variación fue de 2.24 % considerado como excelente para este tipo de investigación.

Cuadro 19. Análisis de la Varianza para días a la obtención de raíces en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

F de V	GL	CUADRADOS MEDIOS
TOTAL	15	
REPETICIONES	3	0.90 ns
TRATAMIENTOS	3	37.90 **
Dosis	1	27.56 **
Medios	1	68.06 **
D x M	1	113.69 **
ERROR EXPERIMENTAL	9	1.67

Promedio: 57.69 días
C V: 2.24 %

DMS al 5 % para dosis de AIB, Cuadro 20, identifica 2 rangos de significación. Ocupando el primer rango con la mejor respuesta para días a la formación de raíces se ubica d2 (10 000 ppm) con un promedio de 56.38 días; mientras que, en el segundo rango con la menor respuesta se ubica d1 (5 000 ppm) con un promedio de 59.00 días

DMS al 5 % para medios de enraizamiento, Cuadro 20, detecta 2 rangos de significación. Ocupando el primer rango con la mejor respuesta para días a la formación de raíces se ubica m2 (envoltura de papel aluminio) con un promedio de 55.62 días; mientras que, en el segundo rango con la menor respuesta se ubica m1 (sustrato) con un promedio de 59.75 días.

De acuerdo a estos resultados, se puede mencionar que la dosis alta de AIB que corresponde a 10 000 ppm, induce la formación de raíces en menor tiempo que la dosis baja de 5 000 ppm. En cuanto al efecto del medio de enraizamiento, se puede señalar que, el medio de enraizamiento que

corresponde a la envoltura de papel aluminio, induce la formación de raíces en menor tiempo que el sustrato.

Cuadro 20. Pruebas de significación para la variable días a la obtención de raíces en la Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

TRATAMIENTOS		DESCRIPCIÓN	PROMEDIO (días)
Dosis de AIB (**)			
d1		5 000 ppm	59.00 b
d2		10 000 ppm	56.38 a
Medios de enraizamiento (**)			
m1		Sustrato	59.75 b
m2		Envoltura de papel aluminio	55.62 a
Interacción Dosis x Medios (*)			
t1	d1m1	AIB 5 000 ppm y funda con sustrato	60.00 b
t2	d1m2	AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio	58.00 b
t3	d2m1	AIB 10 000 ppm y funda con sustrato	59.50 b
t4	d2m2	AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio	53.25 a

(*) Tukey 5 %; (**) DMS 5 %

Tukey al 5 % para la interacción Dosis x Medios, Cuadro 20, detecta 2 rangos de significación. Ocupando el primer rango con la mejor respuesta para días a la formación de raíces se ubica d2m2 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio) con un promedio de 53.25 días; mientras que, en el segundo rango con la menor respuesta para días a la formación de raíces se ubican d1m2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio), d2m1 (AIB 10 000 ppm y sustrato) y d1m1 (5 000 ppm y sustrato) con un promedio de 58.00, 59.50 y 60.00 días, respectivamente.

El tiempo que se consideró para observar la formación de raíces en los brotes etiolados, fue de 60 días. En las condiciones de ambiente no controlado en las que fue realizada la presente investigación, la duración del proceso de enraizamiento fue variable entre los tratamientos evaluados. El tratamiento que presentó la mejor respuesta para el período de enraizamiento fue t4 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio) con un promedio de 53.25 días a la obtención de raíces.

Este período resulta aceptable cuando se compara con los 60 a 240 días mencionados por Reuveni y Raviv (1980), en sus investigaciones. Alves de Oliveira *et al*. (1999), reportaron que el 74% de los brotes habían emitido raíces a los 70 días de haber realizado el anillado y acodado en brotes etiolados de la selección 153. Salazar y García *et al*. (1987), lograron obtener plantas clonales con

un sistema radical desarrollado a los tres meses después de acodar tallos etiolados. También mencionan que en aguacate, el tiempo que toma el enraizamiento de los tejidos del tallo suele ser variable y depende del método utilizado, las condiciones ambientales y las características del genotipo estudiado.

Análisis financiero

Para el análisis financiero del estudio: Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha.; se consideró que, durante todo el proceso de producción se ven reflejadas las pérdidas en la germinación de la semilla (10%), en el proceso de injertación (5%), en el proceso de etiolación (20%), en el proceso de enraizamiento (5%) y en el trasplante (10%); es decir que el 50% de plantas no alcanzarán el proceso final de obtención de portainjertos clonales. Además, si cada planta madre aporta con un brote etiolado para iniciar el proceso de enraizamiento; el número de total de plantas iniciales para obtener 1 000 portainjertos clonales es de 1 500.

En el Cuadro 21, se presenta el costo de producción de 1 000 portainjertos clonales para un vivero de producción de plantas comerciales de aguacate implementado con invernaderos para el desarrollo de las plantas durante el proceso de germinación de semillas y de injertación.

Cuadro 21. Costo de producción de 1 000 portainjertos clonales de aguacate (*Persea americana* Miller) de la variedad Duke 7. Tumbaco, Pichincha. 2012.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
FASE: Producción de portainjertos de semilla (5 meses)				
Semillas	unidad	1500	0,15	225.00
Sustrato	kilogramo	1500	0,25	375.00
Mezcla de sustrato	hora	1.5	25.00	37,50
Fundas de polietileno	unidad	1500	0,015	22,50
Llenado de fundas	jornal	5	15.00	75.00
Riego	jornal	10	15.00	150.00
Fertilización	jornal	10	15.00	150.00
	kilogramo	10	50.00	500.00
Controles fitosanitarios	jornal	5	15.00	75.00
Fungicidas	litro	4	50.00	200.00
Insecticida	litro	1	15.00	15.00
			Subtotal	1825.00
			Subtotal 1*	608,33
FASE: Injertación (1 mes)				
Injertación	injerto	1 350	0,25	337,50
Controles fitosanitarios	jornal	2	15.00	30.00

Fertilización	jornal	3	15.00	45.00
	kilogramo	3	50.00	150.00
Fungicidas	litro	1	50.00	50.00
Insecticidas	litro	0.5	15.00	7,50
Mata babosa	kilogramo	1	5.00	5.00
			Subtotal	625.00
			Subtotal 2*	208,33
FASE: Etiolación (1 mes)				
Construcción de la cámara	jornal	3	15.00	45.00
Materiales varios	unidad	1	500.00	500.00
			Subtotal	545.00
			Subtotal 3*	181,67
Transporte de plantas	jornal	3	15.00	45.00
Fertilización	jornal	2	15.00	30.00
	kilogramo	2	50.00	100.00
Controles fitosanitarios	jornal	4	15.00	60.00
Fungicidas	litro	1	50.00	50.00
Insecticidas	litro	1	15.00	15.00
Mata babosa	kilogramo	1	5.00	5.00
			Subtotal 4	305.00
FASE: Enraizamiento (3 meses)				
Invernadero (sombreadero)	unidad	1	3000.00	3000.00
Subtotal 5*				200.00
Transporte de plantas	jornal	3	15.00	45.00
Enraizamiento	jornal	5	25.00	125.00
Papel aluminio	rollo	5	4.00	20.00
Riego	jornal	4	15.00	60.00
Fertilización	jornal	3	15.00	45.00
	kilogramo	5	50.00	250.00
Controles fitosanitarios	jornal	3	15.00	45.00
Fungicidas	litro	2	50.00	100.00
Insecticidas	litro	1	15.00	15.00
Mata babosa	kilogramo	1	5.00	5.00
Turba	paca	8	45.00	360.00
Material de laboratorio	unidad	1	50.00	50.00
			Subtotal 6	1120.00
FASE: Trasplante y Crecimiento (2 meses)				
Llenado y trasplante	jornal	5	15.00	75.00
Sustrato	kilogramo	1000	0,22	220.00
Mezcla de sustrato	hora	1	25.00	25.00
Fundas de polietileno	unidad	1000	0,015	15.00
Riego	jornal	4	15.00	60.00
Controles fitosanitarios	jornal	2	15.00	30.00
Fertilización	jornal	4	15.00	60.00

Fertilización	kilogramo	4	50.00	200.00
Fungicidas	litro	1	50.00	50.00
			Subtotal 7	735.00
			Subtotal (1* + 2* + 3* + 4 + 5* + 6 + 7)	3358.33
			Imprevistos (5 %)	167.92
			TOTAL	**3526.25**

Subtotal 1* = Valor depreciado para 3 ciclos de producción
Subtotal 2* = Valor depreciado para 3 ciclos de producción
Subtotal 3* = Valor depreciado para 3 años
Subtotal 5* = Valor depreciado para 15 años

Los costos de producción pueden reducirse a la mitad, si por ejemplo; se logra volver eficiente el proceso de obtención de brotes etiolados de tal manera que cada planta madre pueda aportar con 2 y 3 brotes y que el mismo número de brotes puedan llegar a convertirse en portainjertos clonales.

Al analizar el costo de producción presentado en el cuadro 24, se estableció el precio de cada portainjerto clonal de aguacate Duke 7 en 3,53 USD.

CONCLUSIONES

5.1 La dosis de 10 000 ppm de AIB (ácido indolbutírico), incentivó el mayor número de brotes enraizados en aguacate (*Persea americana* Miller) y mayor número de raíces por brote, en menor tiempo que la dosis de 5 000 ppm.

5.2 Se presentaron diferencias estadísticas entre los medios en evaluación, así el papel aluminio influyó en la obtención de mayor número de brotes enraizados, mayor número de raíces por brote, y en menor tiempo que la funda con sustrato a base de turba, sin embargo este sustrato influyó de mejor manera en la obtención de raíces de mayor longitud.

5.3 De acuerdo a los resultados, para la obtención de patrones clonales de aguacate, se considera más eficiente al tratamiento 4 con dosis 10 000 ppm de ácido indolbutírico combinado con la envoltura de papel aluminio, ya que presentó el mayor número y porcentaje de brotes enraizados, mayor número de raíces por brote, el 100% de los brotes con estructuras de raíz frente a los otros tratamientos.

5.4 El tratamiento t5 (estrangulamiento con alambre de cobre), que ha sido recomendado usualmente, presentó resultados bajos e inconsistentes de enraizamiento.

5.5 Se puede considerar la viabilidad económica de esta metodología a pequeña escala, principalmente para ofertar plantas a centros de investigación y productores élite debido al costo del patrón y la lenta aplicación de tecnología de punta en frutales de la Sierra.

RECOMENDACIONES

6.1 Seguir con la investigación ya que el proceso aún es lento, laborioso y costoso, motivo por el cual resulta interesante buscar opciones para acelerarlo y simplificarlo; entre estas opciones, está el empleo de semillas de mayor tamaño en la planta nodriza y la obtención de mayor número de brotes etiolados por planta.

6.2 Utilizar ramillas de injertación con 3 a 4 yemas, para la obtención de mayor número de brotes etiolados por planta.

6.3 Utilizar la dosis de 10 000 ppm de ácido indolbutírico (AIB), combinado con la envoltura de papel aluminio para la clonación de portainjertos de aguacate; ya que, este tratamiento presentó mayor número de brotes enraizados en menor tiempo.

6.4 Implementar parcelas de plantas de aguacate injertadas sobre portainjertos clonales para su evaluación y comprobación de sus beneficios.

RESUMEN

El cultivo de aguacate (*Persea americana* Miller), que en nuestro país está experimentando en los últimos años un impresionante crecimiento como actividad agroexportadora, necesita sustentar su desarrollo en la puesta en práctica de tecnologías que optimicen el manejo en las diversas fases que conforman el proceso total de producción de una plantación, (Iles, 2012). En este contexto, el empleo portainjertos clonales que permiten instalar huertos con árboles íntegramente uniformes, y que además presenten características sobresalientes como tolerancia a la salinidad del suelo ó a la pudrición de raíces producida por el hongo *Phytophthora cinnamomi*; es un componente tecnológico de mucha importancia, (Escobedo, 2009). Tratando de simplificar algunos procedimientos que posibiliten la implementación de una metodología para la propagación clonal de portainjertos de aguacate, se llevó a cabo un estudio en la Granja Experimental Tumbaco, del Programa Nacional de Fruticultura del INIAP, entre abril de 2011 y Junio de 2012; teniendo como base el empleo de brotes etiolados del cultivar Duke 7. El trabajo se dividió en dos fases, en base a los siguientes objetivos: 1) Evaluar la respuesta de dos tipos de ramilla de injertación de la variedad de aguacate Duke 7 en la producción de brotes etiolados en cuarto oscuro, 2) Evaluar la respuesta de dos dosis de ácido indolbutírico (AIB) para la propagación de patrones clonales de aguacate Duke 7 a partir de brotes etiolados en cuarto oscuro, 3) Comparar dos métodos de enraizamiento y determinar la precocidad en la formación de raíces en los brotes etiolados a nivel de sombreadero, 4) Evaluar la eficiencia de los tratamientos en la obtención de patrones clonales de la variedad de aguacate Duke 7 y 5) Realizar el análisis financiero para determinar su viabilidad económica.

En la primera fase se evaluó de la respuesta de dos tipos de ramilla de injertación de la variedad de aguacate (*Persea americana* M.) Duke 7; en la producción de brotes etiolados en cuarto oscuro. El factor en estudio fue tipos de ramillas de injertación: 1) ramilla corta (2 yemas) y 2) ramilla larga (3 yemas + yema apical). La unidad experimental fue de 10 plantas, se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones y dos tratamientos.

Las variables analizadas fueron: 1) Días al Inicio de Brotación del Injerto Duke 7, 2) Número de brotes emitidos por planta, 3) Número de brotes etiolados por planta, 4) Porcentaje de brotes etiolados 5) Días hasta la obtención de brotes etiolados y 6) Tamaño de brotes etiolados por planta.

Se determinó que el tipo de ramilla corta obtuvo menor tiempo de inicio de brotación con 41.78 días; frente al tipo de ramilla larga que obtuvo mayor tiempo con 45.15 días. La ramilla larga presentó la mejor respuesta en cuanto a número de brotes emitidos (2.33) y brotes etiolados (1.43); menor número de brotes emitidos (1.43) y brotes etiolados (1.20) se obtuvo con la ramilla corta. Se puede señalar que las plantas injertadas con ramilla corta alcanzaron mayores porcentajes de brotes etiolados en buen estado (88.75 %), frente al porcentaje obtenido para plantas injertadas con ramilla larga (64.58 %). La mejor respuesta en cuanto a días a la obtención de brotes etiolados por planta se obtuvo con la ramilla larga con 32.63 días; mayor tiempo para la obtención de brotes etiolados se presentó con la ramilla corta, con 36.20 días. La dominancia apical que presentó la ramilla larga incidió en un crecimiento acelerado de los brotes que alcanzaron el ahilamiento en menor tiempo, (Salisbury y Ross, 1994).

En la segunda fase se evaluó la aplicación de dos dosis de ácido indolbutírico (AIB) y dos medios de enraizamiento en brotes etiolados de aguacate (*Persea americana* M.) Duke 7; en el

enraizamiento de acodos aéreos. Los factores en estudio fueron: 1) Dosis de AIB (d1 = 5 000 y d2 = 10 000 ppm), 2) Medios de enraizamiento (m1 = sustrato y m2 = envoltura de papel aluminio), y un factor adicional que consistió en el estrangulamiento con alambre de cobre. Los tratamientos resultaron de la combinación de los factores en estudio; la unidad experimental fue de tres plantas, se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar dispuesto en arreglo factorial 2 x 2 +1 con cuatro repeticiones.

Las variables analizadas fueron: 1) Número total de brotes etiolados para iniciar el proceso de enraizamiento, 2) Número de brotes que formaron raíces, 3) Número de brotes que formaron callo, 4) Número de brotes que no formaron estructuras, 5) Porcentaje de brotes enraizados, porcentaje de brotes que formaron callo y porcentaje de brotes que no formaron estructuras, 6) Número de raíces por brote, 7) Longitud de raíces, 8) Tamaño de brotes a 60 días del corte, 9) Número de hojas por brote y 10) Días hasta la obtención raíces.

El análisis conjunto de las variables, número de brotes que formaron raíces, números de brotes que formaron callo y número de brotes que no formaron estructuras, determina que; los tratamientos t4 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio), t2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio) y t3 (AIB 10 000 ppm y sustrato) obtienen la mejor respuesta para brotes que formaron raíces con promedios de 2.25; 1.25, y 1.00 respectivamente. En base a los resultados obtenidos se puede manifestar que, los dos primeros tratamientos corresponden a diferentes dosis de hormona pero que tienen en común el empleo de papel aluminio para incentivar la formación de raíces. El tratamiento t5 donde se emplea el estrangulamiento, presentó bajo número de plantas enraizadas, lo cual es importante conocer, ya que varios autores aún la recomiendan como alternativa de enraizamiento, (Barrientos *et al*., 1986; Veierskov, 1988). Estos resultados permiten señalar que existe una mejor respuesta para brotes que formaron raíces, en aquellos brotes que se trataron con la dosis máxima de ácido indolbutírico que corresponde a 10 000 ppm; así mismo, a diferentes dosis de auxina, existe un efecto positivo del papel aluminio para la obtención de mayor número de brotes enraizados, en comparación con la turba que se empleó como sustrato. Es importante destacar que tanto t4 como t2 inducen la formación de la mayor cantidad de brotes con raíz y callo, estos tratamientos tienen como factor común el empleo de papel aluminio como medio para la inducción de raíces. El mayor número de brotes con callo se presentó en aquellos brotes que se desarrollaron en sustrato; así lo demostró t3 (AIB 10 000 ppm y sustrato) que presentó menor número de brotes enraizados y mayor número de brotes con callo (1.75). En los tratamientos que tienen una dosis similar de hormona (10 000 ppm), el factor que provoca diferencias es el medio de enraizamiento, que en el caso de t4 es el papel aluminio y en t3 el sustrato a base de turba. Estos resultados dejan ver que los tratamientos t1, t2, t3, y t4, presentaron mayor número de brotes con raíces y callo y mantienen bajos promedios de brotes sin estructuras, en contraste, el tratamiento adicional (estrangulamiento), presentó un alto número de brotes sin estructuras (1.25).

El tratamiento que estimuló el mayor porcentaje de brotes enraizados fue t4 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio), que obtuvo promedios del 75.00%, adicionalmente presentó el 25% de brotes con callo, lo que representa el 100% de brotes con estructuras; t2 (AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio) presenta el 32.92% de brotes enraizados, y el 67.08% de brotes con callo, induciendo la formación de estructuras de raíz en 100% de los brotes. Con menor eficacia se encuentra el tratamiento t3 (AIB 10 000 ppm y sustrato) que incentivó el 33.33% y 58.34% de los brotes con raíces y callo respectivamente, pero tuvo un 8.33% de brotes sin estructuras de raíz.

Cabe resaltar, que la respuesta positiva de los tratamientos a más de las dosis altas de AIB empleadas, se debió al anillado o corte transversal realizado en la base del brote etiolado, ya que resultó también en un estímulo bastante favorable en la formación de raíces en brotes aún adheridos a las plantas nodrizas. Por el contrario, el tratamiento t5 (estrangulamiento con alambre de cobre) presentó porcentajes bajos de enraizamiento con 8.33%; 50% de brotes con callo, y altos porcentajes de brotes sin ninguna estructura de raíz con 41.67%, lo que demuestra la inconsistencia de este tratamiento para su empleo comercial.

La mejor respuesta para número de raíces por brote, se obtuvo con t4 (7.04) y t3 (4.50) que se relacionan con la dosis mas alta de AIB (10 000 ppm); además, como ya se ha mencionado, el medio de enraizamiento cumplió un rol importante en la formación de raíces que incidió también en el número obtenido de raíces, logrando, con la envoltura de papel aluminio mayor número de raíces por brote tanto para la dosis de 5 000 ppm como para la dosis de 10 000 ppm de AIB respectivamente. En contraste, las diferencias estadísticas presentadas para longitud de raíces, señalan que, mayores longitudes de raíces se obtienen para los tratamientos t3 (1.13 cm) y t1 (0.60cm), en los que se manejó el sustrato como medio de enraizamiento. Los contenidos de macro y micro elementos que contiene la turba, que se utilizó para este ensayo, a más de la humedad del sustrato pudieron incidir en el desarrollo de las raíces frente a aquellos tratamientos que solamente se desarrollaron bajo la envoltura de papel aluminio (t2 y t4), en que el medio de desarrollo es bajo en humedad y sin nutrientes. Los tratamientos que presentaron mayor tamaño de brotes, fueron aquellos que se manejaron con el medio de enraizamiento que corresponde al sustrato a base de turba y que coinciden con aquellos que presentaron mayor longitud de las raíces, pero el menor porcentaje de brotes enraizados. Los resultados obtenidos para número de hojas por brote, sugieren que en esta investigación, aunque la diferencia entre tratamientos en cuanto a número de hojas es mínima, no existe relación entre la producción de hojas y la formación de raíces en el brote. El tratamiento que presentó la mejor respuesta para el período de enraizamiento fue t4 (AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio) con un promedio de 53.25 días a la obtención de raíces. Se estableció el precio de cada portainjerto clonal de aguacate Duke 7 en 3.53 USD.

De la investigación realizada se concluye que: 1) La dosis de hormona AIB de 10 000 ppm incentivó el mayor número de brotes enraizados en aguacate (*Persea americana* Miller), mayor número de raíces por brote, en menor tiempo que la dosis de 5 000 ppm, 2) Se presentaron diferencias estadísticas entre los medios en evaluación, así el papel aluminio influyó en la obtención de mayor número de brotes enraizados, mayor número de raíces por brote, y en menor tiempo que la funda con sustrato a base de turba, sin embargo este sustrato influyó de mejor manera en la obtención de raíces de mayor longitud y 3) El tratamiento t5 (estrangulamiento con alambre de cobre), que ha sido recomendado usualmente, presentó resultados bajos e inconsistentes de enraizamiento.

Se recomienda: 1) Utilizar ramillas de injertación con 3 a 4 yemas para la obtención de mayor número de brotes etiolados por planta y 2) Utilizar la dosis de 10 000 ppm de ácido indolbutírico (AIB), combinado con la envoltura de papel aluminio para la clonación de portainjertos de aguacate; ya que, este tratamiento presentó mayor número de brotes enraizados en menor tiempo.

SUMMARY

The avocado crop, which in our country is experiencing in recent years impressive growth as export oriented activity, you need to sustain its development in the implementation of technologies that optimize the management at the various stages that make up the total process of producing a plantation, (Iles, 2012). In this context, the use clonal rootstocks that allow you to install gardens with trees in full uniform, which also have outstanding characteristics as tolerance to soil salinity or to root rot produced by the fungus *Phytophthora cinnamomi*, is a very important technological component, (Escobedo, 2009). Trying to simplify some procedures that facilitate the implementation of a methodology for clonal avocado's propagation of rootstocks was carried out a study in the Experimental Farm Tumbaco, the National Program of Fruit, INIAP, between April 2011 and June 2012; on the basis of the use of etiolated shoots of cv Duke 7. The work was divided in two phases, based on the following objectives: 1) To evaluate the response of two types of twig grafting the variety of avocado Duke 7 in etiolated shoot production in darkroom, 2) Evaluate the response of two doses of indolbutiryc acid (IBA) for the propagation of clonal rootstocks of avocado Duke 7 from etiolated shoots darkroom, 3) Compare two methods of rooting and determine how early in root formation in etiolated shoots, 4) Evaluate the effectiveness of treatments in obtaining clonal rootstocks of avocado variety Duke 7 and 5) Perform financial analysis to determine it's economic viability.

In the first phase evaluated the response of two types of twig grafting the variety of avocado (*Persea americana* M.) Duke 7; in etiolated shoot produced in a darkroom. The factor in study was grafting twigs types: 1) short twig (2 yolks) and 2) long twig (3 yolks + apical bud). The experimental unit was 10 plants. A Design of Complete Blocks was used at random with four repetitions and two treatments.

The variables analyzed were: 1) Days to Start Sprouting Graft Duke 7, 2) Number of shoots per plant emitted, 3) Number of etiolated shoots per plant, 4) Percentage of etiolated shoots 5) Days to obtain etiolated shoots and 6) size etiolated shoots per plant.

It was determined that the type of short twig was less time beginning of budding with 41.78 days, against the kind of long twig that more time was 45.15 days. The long twig presented best response in terms of number of shoots emitted (2.33) and etiolated shoots (1.43), emitted lower number of shoots (1.43) and etiolated shoots (1.20) was obtained with the short twig. It may be noted that short twig grafted plants reached higher percentages of etiolated shoots in good condition (88.75%) compared to the percentage obtained for grafted plants with long twig (64.58%). The best response in terms of days to obtain etiolated shoots per plant was obtained with the long twig with 32.63 days more time to obtain etiolated shoots was presented with the short twig with 36.20 days. Apical dominance presented by the long twig contributed to an accelerated growth of etiolated shoots reached in less time, (Salisbury y Ross, 1994).

In the second phase, was evaluated the application of two doses of indolbutiryc acid (IBA) and two ways of rooting in etiolated shoots of avocado (*Persea americana* M.) cv Duke 7; on rooting of air layers. The factors in study were: 1) doses of AIB (d1 = 5 000 ppm and d2 = 10 000 ppm), 2) Ways of rooting (m1 = substrate and m2 = foil wrapper), and an additional factor which consisted of strangulation with copper wire. The treatments resulted from the combination of the factors in

study; the experimental unit was three plants. A Design of Complete Blocks was used at random in a factorial arrangement 2 x 2 + 1 with four repetitions.

The variables analyzed were: 1) Total number of etiolated shoots to start the rooting process, 2) Number of shoots formed roots, 3) Number of shoots that formed callus, 4) Number of shoots that not formed no structures, 5) Percentage of rooted shoots, percentage of shoots that formed callus and percentage of shoots that not formed structures, 6) Number of roots per shoot, 7) Root length, 8) Size of shoots to 60 days of the court, 9) Number of leaves per shoot and 10) Days to obtain roots.

The combined analysis of the variables, number of shoots that formed roots, numbers of shoots that formed callus and number of shoots that not formed structures, determines that; the t4 treatments (AIB 10 000 ppm and aluminum foil wrapper), t2 (AIB 5 000 ppm and aluminum foil wrapper) and t3 (AIB 10 000 ppm and cover with substrate) got the best answer for shoots that formed roots with averages of 2.25, 1.25, and 1.00 respectively. Based on the results, we can say that, the first two treatments correspond to different doses of hormone but have in common the use of aluminum foil to stimulate root formation. The treatment t5 where the strangulation is used, presented low number of rooted plants, which is important to know, as several authors still recommend it as an alternative rooting, (Barrientos *et al*., 1986; Veierskov, 1988). These results indicate that there is a best response for shoots that formed roots in those shoots were treated with the highest dose of indolbutiryc acid corresponding to 10 000 ppm, in the same way, to different doses of auxin, there is a positive effect the aluminum foil to obtain the greatest number of shoots rooted, compared with the peat was used as substrate. Importantly, both as t2 t4 induce the formation of as many shoots with roots and callus, these treatments have as common factor the use of aluminum foil as a medium for root induction. The highest number of shoots with callus occurred in those shoots that developed on substrate; well demonstrated t3 (AIB 10,000 ppm and substrate) that showed a lower number of rooted shoots and more shoots with callus (1.75). In treatments that have a similar dose of hormone (10 000 ppm), the factor that causes the difference is rooting medium, that in the case of the foil is t4 and t3 the peat based substrate. These results reveal that treatments t1, t2, t3, and t4, the highest number of shoots with roots and callus, and outbreaks remain low averages without structures, in contrast, additional treatment (strangulation), showed a high number of unstructured outbreaks (1.25).

The treatment stimulated the highest percentage of rooted shoots was t 4 (10 000 ppm IBA and aluminum foil wrapper), that got averages 75.00% additionally presented the 25% of shoots with callus, which represents 100% of shoots with structures, t2 (IBA 5000 ppm and aluminum foil wrapper) presents the 32.92% of rooted shoots, and 67.08% of shoots with callus, inducing the formation of root structures in 100% of the shoots. Less effective is the treatment t 3 (10 000 ppm IBA and substrate) which stimulated the 33.33% and 58.34% of the shoots with roots and callus, respectively, but it had a 8.33% of shoots without root structures. It should be noted that the positive response to the treatments than high doses of IBA employed was caused by the banding or transversal court made at the base of etiolate shoot as a stimulus was also very favorable in the formation of roots in shoots still adhering to nurse plants. In the contrast of, treatment t5 (strangulation with copper wire) showed low rooting percentages with 8.33%, 50% of shoots with callus and high percentages of without root structure with 41.67%, which shows the inconsistency of this treatment for commercial use.

The best response for number of roots per shoot was obtained with t4 (7.04) and t3 (4.50) that relate to the highest dose of AIB (10 000 ppm), in addition, as already mentioned, the rooting medium turned an important role in the formation of roots that influenced also in the number obtained from roots, obtained with the aluminum foil wrapper highest number of roots per shoot for both doses of 5 000 ppm for the dose of 10 000 ppm of IBA respectively. In contrast of, the statistical differences presented for root length, indicated that, greater lengths of roots are obtained for treatments t 3 (1.13 cm) and t1 (0.60 cm) in which the substrate is handled as a rooting medium. The contents of macro and micro elements which contains the peat was used for this test, to more than the humidity of the substrate can affect the development of the roots against only treatments that were developed under the aluminum foil wrapper (t2 and t4) in which the development environment is low in humidity and without nutrients. The treatments that presented larger of shoots were those which were treated with the rooting medium corresponding to peat based substrate, and that coincide with those that showed higher root length, but the lowest percentage of rooted shoots. The results obtained for number of leaves per shoot, in this investigation suggest that, although the difference between treatments in terms of number of leaves is minimal, there is not relationship between leaf production and root formation in the shoot. The treatment that presented the best response to the rooting period was t 4 (10 000 ppm IBA and aluminum foil wrapper) with an average of 53.25 days to obtain roots. It was established the price of each clonal avocado rootstocks of cv Duke 7 at $ 3.53.

From research concluded that: 1) The hormone dose of 10 000 ppm of IBA encouraged as many rooted shoots in avocado (*Persea americana* Miller), greater number of roots per shoot, in less time than the dose of 5 000 ppm, 2) There were statistical differences between the means in evaluation and influenced foil obtaining highest number of rooted shoots, the greater number of roots per shoot, and in less time than the case with peat based substrate, however this substrate to better influence in obtaining longer roots and 3) Treatment t5 (strangulation with copper wire), which has been recommended usually low and inconsistent results presented rooting.

Is recommended: 1) Using grafting twigs with 3 or 4 buds to obtain as many etiolated shoots per plant and 2) Using a dose of 10 000 ppm of indolbutiryc acid (IBA) combined with the aluminum foil wrapper, for cloning of avocado rootstocks, because this treatment had a higher number of rooted shoots in less time.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILERA, M. 2007. Propagación de patrones de palto mediante acodo aéreo y esqueje. Tesis Ing. Agr. Santiago, CL. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 16 p.

2. ALVES, A.; KOLLER, C.; VILLEGAS, A. 1999. Propagación vegetativa de aguacate selección 153 (*Persea* sp.) por acodo en contenedor. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 221-225

3. ARARAT, M.; MENJIVAR, J.; GUZMÁN, J.; CARMONA, J. 2009. Evaluación de propiedades físicas de sustratos como indicadores agronómicos para el manejo de plántulas de aguacate. In: Congreso Latinoamericano del Aguacate 3 (11-13 nov-Medellín) 2009. Memorias. Medellín, CO. Corporación Antioqueña del aguacate. 27 p.

4. BALDINI, E. 1992. Arboricultura general. Madrid, ES. Mundi-Prensa. 375 p.

5. BARRIENTOS, A.; BORYS, M.; PÉREZ, F. 1986. Rooting of avocado cuttings. California Avocado Society Yearbook 70: 63-157

6. _____, A.; MUÑOZ, R.; BORYS, M.; MARTINEZ, M. 2000. cultivares y portainjertos del aguacate. In: El Aguacate y su manejo integrado (ed. D. Téliz). México DF., MX. Mundi-Prensa. p. 35-54

7. BASUK, N. and MAYNARD, B. 1987. Stock plant etiolation. Horticultural Science 22 (5): 749-750

8. BENACCHIO S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. Maracay, VE. FONAIAP-CNIA. 202 p.

9. BEN YA'ACOV, A. 1985. Selection of avocado rootstocks. South African Avocado Growers' Association Yearbook 8: 21-23

10. _____, A. and MICHELSON, M. 1995. Avocado rootstocks. Horticultural Reviews 5: 39-42

11. _____, A.; MICHELSON. E. 2002. Portainjertos de palto. In: Seminario Internacional: "Selección y uso de portainjertos y nuevas variedades de Palto" (3 dic-Quillota) 2002. Quillota, CL. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. FONDEF. 1-60 p.

12. _____, A. and ZILBERSTAINE, M. 1999. Clonal avocado (*Persea americana* Mill.) rootstocks in Israel. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 39-42

13. BROKAW, H. 1987. Avocado clonal rootstock propagation. Proc. lntern. Plant Prop. Soc. 37: 97-103

14. CALABRESE, F. 1992. El Aguacate. Madrid, ES. Mundi-Prensa. 246 p.

15. CASTRO, M. 2009. Propagación de plantas de aguacate. In: Congreso Latinoamericano del Aguacate 3 (11-13 nov Medellín) 2009. Memorias. Medellín, CO. Corporación Antioqueña del aguacate. p. 2-9

16. _____, M.; DARROUY, N. FASSIO, O. 2009. Manejo de planteles madres para la propagación clonal de aguacate. In: Congreso Latinoamericano del Aguacate 3 (11-13 nov-Medellín) 2009. Memorias. Medellín, CO. Corporación Antioqueña del aguacate. p. 10-23

17. _____ M.; FASSIO, C.; DARROUY, N.; AEDO, M. 2003. Desarrollo de técnicas para la copia de arboles de palto sobresalientes en Chile. In: Congreso Mundial del Aguacate 5 (19-24 oct-Málaga) 2003. Actas. Granada-Málaga, ES. Consejería de Agricultura y Pesca. p. 123-128

18. _____, M. 1996. Técnicas de propagación para la obtención de plantas de óptima calidad. In: B. Razeto; T. Fichet. Cultivo del Palto y Perspectivas de Mercado. Santiago, CL. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. p. 31-34

19. _____, M. 1990. Propagación, portainjerto y reinjertación de palto. In: Curso internacional de producción, postcosecha y comercialización de paltas (2-5 oct- Viña del Mar) 1990. Viña del Mar, CL. Facultad de Agronomía Universidad Católica de Valparaíso. Cap. F, 14 p.

20. DE LOS SANTOS, J. 2001. Enraizamiento de brotes etiolados de palto cv. Duke 7 injertados con cv. Fuerte y cv. Hass. Tesis Ing. Agr. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. 89 p.

21. ECONOMOU, A. S. and READ, P. E. 1987. Light treatments to improve efficiency of in vitro propagation systems. Hort Science 22 (5): 751-754

22. ERNST, A. 1999. Micro cloning: a multiple cloning technique for avocados using microcontainers. Revista Chapingo Serie Horticultura Núm. Especial 5: 217-220

23. _____, A. and HOLTZHUASEN, L. 1987. Callus development a possible aid in rotting avocado cuttings. South African Avocado Growers' Association Yearbook 10: 39-4

24. ESCOBEDO, V. 2009. Estudio de propagación clonal por esquejes del portainjerto de palto 'Duke' (*Persea americana* Mill.) utilizando brotes etiolados y cámaras húmedas individuales. Tesis Ing. Agr. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. 76 p.

25. FROLICH, F.; PLATT, G. 1971. Use of the etiolation technique in rooting avocado cuttings. California Avocado Society Yearbook 55: 97-109

26. GALLO, L.; PÉREZ, S.; SIVERIO, F. 1999. Búsqueda de resistencia a *Phytophthora cinnamomi* Rands. en patrones de aguacate de raza antillana. Revista Chapingo Serie Horticultura 5: 275-277

27. GANDULFO, L. 1983. Efecto del anillado y la aplicación del ácido indolbutírico en el enraizamiento de brotes etiolados de palto (Persea *americana* Mill.) cv. Mexícola. Tesis Ing. Agr. Quillota, CL. Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Agronomía. 71 p.

28. GIL, G. 1997. El potencial productivo: crecimiento vegetativo y diseño de huertos y viñedos. Santiago, CL. Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. 342 p.

29. GONZÁLEZ, H.; SALAZAR, S. 1984. Root induction and vegetative development from avocado plantules (*Persea americana* Mill.). California Avocado Society Yearbook 48: 167-171

30. GUTIÉRREZ, A.; CASTRO, D.; CARMONA, J.; CARVAJAL, S. 2009. Escalamiento de la propagación clonal de patrones de aguacate, para mejorar la competitividad del cultivo. In: Congreso Latinoamericano del Aguacate 3 (11-13 nov- Medellín) 2009. Memorias. Medellín, CO. Corporación Antioqueña del aguacate. p. 38

31. HANSEN, J. 1987. Stock plant lighting and adventitious root formation. Hort Science 22 (5): 746-749

32. HARTMANN, H., KESTER, D. y DAVIES, F. 1997. Plant propagation: principles and practices. 5 ed. New Jersey, US. Prentice Hall. 647 p.

33. _____, H.; KESTER, D. 1999. Propagación de Plantas: principios y prácticas. Trad. A. Marino. 7 ed. México DF., MX. CECSA. 683 p.

34. HEEDE, V.; LECOURT, M. 1981. El estaquillado: guía práctica de multiplicación de plantas. Trad. F. Gil. 8 ed. Madrid, ES. Mundi-Prensa. 197 p.

35. HOFSHI, R. 1996. Experiments with cloning avocado rootstocks. California Avocado Society Yearbook 80: 103-108

36. _____, R. 1997. Clone your own avocado at Home. Subtropical Fruit News 4 (2): 4-6

37. ILES, D. 2012. Inducción de callos embriogénicos en cinco variedades de aguacate (*Persea americana* Mill.) a partir de tejido nucelar y foliar. Cutuglagua, Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito, EC. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 136 p.

38. KADMAN, A. 1976. Effects of the age of juvenile stage avocado seedling on the rooting capacity of their cutting. California Avocado Society Yearbook. 59: 58-60

39. KADMAN, A.; BEN YA'ACOV, A. 1965. A review of experiments on some factors influencing the rooting of avocado cuttings. California Avocado Society Yearbook 49: 67-72

40. KARHU, S. 1992. Effects of etiolation and shading on the rooting of woody ornamental cuttings. Acta Horticulturae 314: 275-282

41. KOLLER, C. 1992. Abacaticultura. 2 ed. Porto Alegre, BR. Universidade Federal de Rio Grande do Sul. 138 p.

42. LEMUS G.; FERREYRA E.; GIL, M.; MALDONADO B.; TOLEDO, G. 2002. El Cultivo del Palto. 2 ed. La Cruz, CL. INIA. 76 p.

43. MAINARDI, F. 1980. El huerto y el jardín en su piso. Barcelona, ES. De Vicchi. 283 p.

44. _____, J. 2001. Screening and evaluation of new rootstocks with resistance to *Phytophthora cinnamomi*. In: California Avocado Research Symposium (20 oct-California) 2001. California, US. University of California Riverside. Avocado Commission Society. 49-53 p.

45. _____, J., GUILLEMET, S., CAMPBELL, S., JOHNSON, E. and POND, E. 1992. The performance of rootstock tolerant to root rot caused by *Phytophthora cinnamomi* under field conditions in Southern California. In: World Avocado Congress 2 (21-26 apr-California). Proceedings. California, US. University of California Riverside. California Avocado Society. p. 53-59

46. MENGE, J. and MARAIS, L. 2000a. Soil environmental factors and their relationship to avocado root rot. Subtropical Fruit 8 (1-2): 11-14

47. MOHR, H.; SCHOPFER, P. 1995. Plant Physiology: physiology of hormone action. Trad. por G. Lawlor. 4 ed. Londres, UK. Springer. 633 p.

48. MUÑOZ, R. Y ROGEL, I. 1998. Ensayos sobre propagación clonal de portainjertos de aguacate (en línea). México DF., MX. Fundación Salvador Sánchez Colín S.C. Consultado 8 de febrero. 2012. Disponible en http://www.avocadosource.com

49. ODDIRAJU, V., BEYL, C., BARKER, P. and STUTTE, G. 1994. Containers size alters root: growth of western black cherry as measurement by image analysis. Horticultural Science 29 (8): 910-913

50. PHILLIPS, D. 1985. The clonal propagation of *Phytophthora* avocado rootstocks. Acta Horticulturae 166: 65-66

51. PULLAS, D. 2011. Propagación clonal de aguacate Duke (*Persea americana* Mill.) mediante la técnica de etiolación de brotes o cultivo in vitro. Tesis Ing. Agropecuario. Sangolquí, EC. Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Vida. 53 p.

52. REUVENI, O.; RAVIV, M. 1980. Importance of leaf retention to rooting of avocado cuttings. Horticultural Science 106 (2): 127-130

53. RODRÍGUEZ, C. 2003. Implementación de las técnicas de etiolación y acodo y microclonación en paltos (*Persea americana* Mill.) Tesis Ing. Agr. Quillota, CL. Universidad Católica de Valparaíso. 61 p.

54. ROGEL, I.; MUÑOZ, B.; CRUZ, G. 2000. Propagación de aguacatero por acodo utilizando etiolación, ácido indolbutírico, y obstrucción de savia. Revista Chapingo Serie Horticultura 6 (1): 101-104

55. RUIZ, R.; VARGAS, J.; CETINA, V.; VILLEGAS, A. 2005. Efecto de Ácido indol butírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelina arborea* Roxb. Sociedad Mexicana de Fitotecnia, Revista Fitotecnia Mexicana 28 (4): 319-326

56. SALAZAR, S. and BORYS, M. 1983. Clonal propagation of the avocado through "Franqueamiento". California Avocado Society Yearbook 67: 69-72

57. _____, S.; VELASCO, J.; MEDINA, R.; GÓMEZ, R. 2004. Selecciones de aguacate con potencial de uso como portainjertos. Respuesta al enraizamiento mediante acodos. Sociedad Mexicana de Fitotecnia, Revista Fitotecnia Mexicana 27 (2): 183-190

58. SALISBURY, F. B. y ROSS, C. W. 1994. Fisiología vegetal. 4 ed. Mexico DF., MX. Iberoamérica. 759 p.

59. TAIZ, L. and ZEIGER, E. 1998. Plant physiology. 3 ed. Massachusetts, US. Sinauer Associates. v, 2. 1265 p.

60. TISCORNIA, J. 1984. Multiplicación de las plantas. Buenos Aires, AR. Albatros. 213 p.

61. USDA (United States Department of Agriculture, MX.). 1972. Relaciones entre suelo-planta-agua. México DF., MX. Diana. v,1. 99 p.

62. VEIERSKOV, B. 1988. Adventitious Root Formation in cuttings: relations between carbohydrates and adventitious root formation. Portland, US. Dioscorides Press. v, 2. 315 p.

63. VELHO DA SILVEIRA, S.; DUTRA DE SOUZA, P.; KOLLER, O. 2004. Propagação vegetativa de abacateiro por estaquia. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP 26 (1): 191-192

64. WEAVER, R. 1980. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. México DF., MX. Trillas. 622 p.

65. WHILEY, A.; SCHAFFER, W.; WOLSTENHOLME, B. 2007. El Aguacate: botánica, producción y usos. Valparaíso, CL. Ediciones Universitarias de Valparaíso. 380 p.

66. WILLINGHAM, S.; PEGG, K.; COATES, L.; COOKE, A.; DEAN, J.; LANGDON, P. and BEASLEY, D. 2001. “Hass” avocado: rootstock influences postharvest anthracnose development. Australian Journal of Agriculture Research 52: 1017-1022

67. WHITSELL, R.; MARTIN, G.; BERGH, B.; LYPPS, A.; BROKAW, W. 1989. Propagating avocados: principles and techniques of nursery and field grafting. California, US. University of California. Publ. 21461, 30 p.

68. ZENTMYER, G. 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes. Minnesota, US. American Phytopathological Society. Monogr, 10 p.

69. _____, G.; MENGE, J.; OHR, H. 1998. *Phytophthora* root rot. In: Compendium of tropical fruit diseases (eds. R.C Ploetz, G.A. Zentmyer, W.T. Nishijima, K.G. Rohrbach, H.D. Ohr) Minnesota, US. American Phytopathological Society Press. p. 77-79

ANEXOS

Anexo 1. Metodología propuesta para la multiplicación clonal de portainjertos de aguacate bajo condiciones locales.

1. Obtención de portainjertos de semilla.
2. Injertación del portainjerto de semilla con la variedad seleccionada de acuerdo a las características de interés que se quiere propagar clonalmente.
3. Eliminación de los brotes del portainjerto de semilla que brotan junto con las yemas del injerto.
4. Paso de las plantas a la cámara de etiolación (Temperatura: 20 a 22 º C y Humedad Relativa: 85 – 90 %), cuando los brotes del injerto tengan aproximadamente 1 cm.
5. Paso de las plantas a un invernadero con doble malla de sombra, cuando los brotes estén completamente ahilados y tengan una longitud de 20 a 25 cm.
6. Adaptación de los brotes etiolados en el sombreadero durante 8 días.
7. Inducción de raíces con corte en forma de anillado de 3 mm en la base del brote etiolado y aplicación inmediata de ácido indolbutírico a 10 000 ppm agregando en la preparación de la hormona el fungicida Beltanol (Quinosol - 1cc/L).
8. Luego de la aplicación del AIB, se procede a aplicar una solución de Tachigaren (Himexazol – 1 cc/L) y Score (Difeconazol – 1 cc/L), a manera de protección contra patógenos, después del corte.
9. Envolver el corte con papel aluminio tratando de mantener la zona de producción de raíces etiolada.
10. Fertilizaciones y controles fitosanitarios periódicos.
11. Proceso de enraizamiento, una vez que han aparecido la raíces, colocar contenedores con turba esterilizada (Terraclor – 2 g/l), en el brote aún adherido a la planta madre, para el desarrollo del sistema radicular.
12. Transplante a contenedores de mayor tamaño, mantenidos bajo un sistema de humificadores, para el total desarrollo de una planta clonal con su propio sistema radicular; que conserve las características de su progenitora.

Anexo 2. Tiempo aproximado para la obtención de un portainjerto clonal bajo condiciones locales, en base a la metodología propuesta en este ensayo.

PROCESO	DURACIÓN
Obtención de patrones de semilla	5 meses
Injertación y brotación del cv. a propagarse clonalmente	1 – 2 meses
Etiolación de brotes	1 – 2 meses
Enraizamiento de acodos aéreos	2 – 3 meses
Transplante y desarrollo del sistema radicular	2 – 3 meses
TOTAL	11 – 15 meses

Anexo 3. Proceso de preparación de 100 ml de la solución de ácido indolbutírico (10 000 ppm).

1. Pesar 1 g de ácido indolbutírico
2. Disolver el AIB en 50 ml de alcohol al 70 %
3. Aforar a 100 ml con agua destilada
4. Agregar 0.1 cc de Beltanol
5. Calibrar el pHmetro
6. Medir el pH (la lectura es ácida 2.5 $\pm$ 2)
7. Subir el pH de la solución a 7.0 $\pm$ 2 con Hidróxido de Sodio al 50 % (aproximadamente tres gotas)

Anexo 4. Informe de diagnóstico del análisis micológico de brotes etiolados.

LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA
(Vía Interoceánica Km. 14, Granja del MAG, Tumbaco – Quito
Telef: 02-2372-845 Ext: 209)

INFORME DE DIAGNÓSTICO

AGROCALIDAD
AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO

Hoja 1 de 1

Informe Nº 153CE
Fecha del Informe: 04 – 06 – 12

DATOS DEL CLIENTE

Empresa Solicitante: CORPOINIAP
Dirección: Av. Interoceánica **Teléfono:** 022373701
Provincia: Pichincha **Cantón:** Quito

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra: Tallo **Cultivo:** Aguacate
Provincia: Pichincha **Cantón:** Quito
Parroquia: Tumbaco **Localidad: XXX** **Predio: XXX**
Coord. X: XXX **Coord. Y: XXX** **Altitud: XXX**

Fecha de recolección de la muestra: 28 – 05 – 12 **Colector:** Ing. Cinthia Pillajo
Fecha de Ingreso de la muestra: 28 – 05 – 12 **No. de Factura:** 0010476
Fecha inicio diagnóstico: 28 – 05 – 12 **Fecha finalización diagnóstico:** 04 – 06 – 12

Descripción: Muestra de tallos de aguacate, para la realización de análisis micológico.

RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO MICOLÓGICO

Método utilizado: Aislamiento en Papa dextrosa Agar acidificado.

Código de Laboratorio	Código de campo	Muestra	Parte aislada	Hongos
153CE	Etiolados	Tallo de aguacate	Tallo	*Colletorichum* sp. *Cladosporium* sp.

Observaciones: Ninguna.

Ing. Carlos Delgado Ch.
Profesional Responsable

Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro
AGROCALIDAD
LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA
TUMBACO - ECUADOR

Anexo 5. Datos tomados para la variable días al inicio de la brotación del injerto Duke 7, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Días al inicio de brotación					
Tratamientos		Repeticiones			
Ramillas	Plantas	I	II	III	IV
T1	p1	42.00	43.00	41.00	43.00
	p2	43.00	42.00	40.00	41.00
	p3	41.00	40.00	41.00	42.00
	p4	40.00	41.00	42.00	40.00
	p5	42.00	43.00	43.00	41.00
	p6	43.00	42.00	43.00	43.00
	p7	41.00	41.00	42.00	43.00
	p8	42.00	42.00	41.00	42.00
	p9	43.00	43.00	40.00	42.00
	p10	40.00	43.00	43.00	41.00
T2	p1	44.00	45.00	46.00	46.00
	p2	45.00	46.00	44.00	47.00
	p3	46.00	44.00	45.00	44.00
	p4	44.00	45.00	45.00	45.00
	p5	44.00	46.00	46.00	45.00
	p6	45.00	45.00	47.00	46.00
	p7	46.00	44.00	44.00	44.00
	p8	47.00	47.00	47.00	45.00
	p9	44.00	44.00	44.00	46.00
	p10	45.00	45.00	45.00	44.00

Anexo 6. Datos tomados para la variable número de brotes emitidos por planta, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Número de brotes emitidos por planta					
Tratamientos		Repeticiones			
Ramillas	Plantas	I	II	III	IV
T1	p1	1.00	2.00	1.00	1.00
	p2	1.00	2.00	2.00	2.00
	p3	2.00	1.00	1.00	2.00
	p4	1.00	1.00	1.00	1.00
	p5	2.00	1.00	1.00	1.00
	p6	1.00	2.00	1.00	1.00
	p7	1.00	2.00	2.00	2.00
	p8	1.00	1.00	2.00	1.00
	p9	2.00	2.00	1.00	2.00
	p10	2.00	2.00	1.00	1.00
T2	p1	3.00	3.00	1.00	3.00
	p2	2.00	2.00	2.00	3.00
	p3	3.00	3.00	3.00	3.00
	p4	3.00	2.00	3.00	2.00
	p5	2.00	2.00	3.00	1.00
	p6	3.00	3.00	2.00	3.00
	p7	2.00	2.00	2.00	3.00
	p8	1.00	3.00	2.00	2.00
	p9	2.00	2.00	2.00	2.00
	p10	2.00	1.00	3.00	2.00

Anexo 7. Datos tomados para la variable número de brotes etiolados por planta, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Número de brotes etiolados por planta					
Tratamientos		Repeticiones			
Ramillas	Plantas	I	II	III	IV
T1	p1	1.00	1.00	1.00	1.00
	p2	1.00	1.00	1.00	1.00
	p3	1.00	1.00	1.00	2.00
	p4	1.00	1.00	1.00	1.00
	p5	1.00	1.00	1.00	1.00
	p6	1.00	1.00	1.00	1.00
	p7	1.00	2.00	2.00	2.00
	p8	1.00	1.00	1.00	1.00
	p9	2.00	2.00	1.00	1.00
	p10	2.00	2.00	1.00	1.00
T2	p1	2.00	1.00	1.00	1.00
	p2	1.00	1.00	1.00	2.00
	p3	2.00	2.00	1.00	1.00
	p4	2.00	1.00	2.00	1.00
	p5	1.00	1.00	2.00	1.00
	p6	1.00	2.00	1.00	2.00
	p7	1.00	2.00	1.00	1.00
	p8	1.00	2.00	2.00	1.00
	p9	2.00	1.00	2.00	1.00
	p10	2.00	1.00	2.00	2.00

Anexo 8. Datos tomados para la variable porcentaje de brotes etiolados por planta, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Porcentaje de brotes etiolados por planta					
Tratamientos		Repeticiones			
Ramillas	Plantas	I	II	III	IV
T1	p1	100.00	50.00	100.00	100.00
	p2	100.00	50.00	50.00	50.00
	p3	50.00	100.00	100.00	100.00
	p4	100.00	100.00	100.00	100.00
	p5	50.00	100.00	100.00	100.00
	p6	100.00	50.00	100.00	100.00
	p7	100.00	100.00	100.00	100.00
	p8	100.00	100.00	50.00	100.00
	p9	100.00	100.00	100.00	50.00
	p10	100.00	100.00	100.00	100.00
T2	p1	66.67	33.33	100.00	33.33
	p2	50.00	50.00	50.00	66.67
	p3	66.67	66.67	33.33	33.33
	p4	66.67	50.00	66.67	50.00
	p5	50.00	50.00	66.67	100.00
	p6	33.33	66.67	50.00	66.67
	p7	50.00	100.00	50.00	33.33
	p8	100.00	66,67	100.00	50.00
	p9	100.00	50.00	100.00	50.00
	p10	100.00	100.00	66,67	100.00

Anexo 9. Datos tomados para la variable tamaño de brotes etiolados, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Tamaño de brotes etiolados (cm)					
Tratamientos		Repeticiones			
Ramillas	Plantas	I	II	III	IV
T1	p1	20.00	21.00	22.00	21.00
	p2	23.00	23.00	22.00	23.00
	p3	21.00	24.00	23.00	24.00
	p4	22.00	23.00	24.00	23.00
	p5	24.00	22.00	21.00	24.00
	p6	23.00	23.00	21.00	22.00
	p7	21.00	23.00	20.00	22.00
	p8	22.00	24.00	23.00	21.00
	p9	22.00	22.00	24.00	23.00
	p10	23.00	23.00	23.00	24.00
T2	p1	25.00	27.00	26.00	27.00
	p2	27.00	2500	27.00	28.00
	p3	26.00	26.00	28.00	26.00
	p4	28.00	26.00	25.00	25.00
	p5	26.00	27.00	25.00	24.00
	p6	27.00	28.00	26.00	27.00
	p7	28.00	26.00	27.00	28.00
	p8	26.00	27.00	28.00	24.00
	p9	27.00	28.00	26.00	29.00
	p10	26.00	26.00	27.00	25.00

Anexo 10. Datos tomados para la variable días a la obtención de brotes etiolados, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Días a la obtención de brotes etiolados					
Tratamientos		Repeticiones			
Ramillas	Plantas	I	II	III	IV
T1	p1	31.00	31.00	31.00	31.00
	p2	32.00	32.00	32.00	32.00
	p3	32.00	34.00	33.00	33.00
	p4	33.00	33.00	34.00	34.00
	p5	34.00	34.00	34.00	33.00
	p6	31.00	32.00	3300	34.00
	p7	32.00	31.00	32.00	34.00
	p8	33.00	34.00	34.00	33.00
	p9	32.00	34.00	32.00	31.00
	p10	34.00	33.00	31.00	32.00
T2	p1	36.00	35.00	35.00	37.00
	p2	35.00	36.00	36.00	36.00
	p3	36.00	37.00	37.00	35.00
	p4	37.00	37.00	37.00	36.00
	p5	36.00	36.00	37.00	37.00
	p6	35.00	35.00	36.00	35.00
	p7	37.00	36.00	35.00	37.00
	p8	37.00	37.00	36.00	37.00
	p9	36.00	36.00	37.00	36.00
	p10	36.00	37.00	36.00	37.00

Anexo 11. Datos tomados para 7 variables, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Tratamiento	Repetición	Nº de brotes iniciales	Nº de brotes enraizados	% de brotes enraizados	Nº de brotes que formaron callo	% de brotes con callo	Nº de brotes que no formaron estructuras	% de brotes sin estructuras
1	I	3.00	1.00	33.33	1.00	33.33	1.00	33.33
1	II	3.00	1.00	33.33	2.00	66.67	0.00	0.00
1	III	3.00	1.00	33.33	2.00	66.67	0.00	0.00
1	IV	3.00	0.00	0.00	2.00	66.67	1.00	33.33
2	I	3.00	1.00	33.33	2.00	66.67	0.00	0.00
2	II	5.00	2.00	40.00	3.00	60.00	0.00	0.00
2	III	4.00	1.00	25.00	3.00	75.00	0.00	0.00
2	IV	3.00	1.00	33.33	2.00	66.67	0.00	0,00
3	I	3.00	1.00	33.33	2.00	66.67	0.00	0.00
3	II	3.00	1.00	33.33	2.00	66.67	0.00	0.00
3	III	3.00	1.00	33.33	1.00	33.33	1.00	33.33
3	IV	3.00	1.00	33.33	2.00	66.67	0.00	0.00
4	I	3.00	2.00	66.67	1.00	33.33	0.00	0.00
4	II	3.00	2.00	66.67	1.00	33.33	0.00	0.00
4	III	3.00	2.00	66.67	1.00	33.33	0.00	0.00
4	IV	3.00	3.00	100.00	0.00	0,.0	0.00	0.00
5	I	3.00	0.00	0.00	2.00	66.67	1.00	33.33
5	II	3.00	0.00	0,00	1.00	33.33	2.00	66.67
5	III	3.00	0.00	0,00	1.00	33.33	2.00	66.67
5	IV	3.00	1.00	33,33	2.00	66.67	0.00	0.00

Anexo 12. Datos tomados para 4 variables, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Tratamientos	Repetición	Tamaño de raíces (cm)	Número de raíces por brote	Tamaño de brotes a 60 dias del corte (cm)	Número de hojas por brote
1	I	0.70	3.00	31.33	13.67
1	II	0.90	4.00	29.67	14.00
1	III	0.80	3.00	29.33	12.33
1	IV	0.00	0.00	32.00	13.33
2	I	0.30	6.00	32.67	12.67
2	II	0.30	5.50	25.67	10.33
2	III	0.30	5.00	26.17	12.00
2	IV	0.20	5.00	28.67	11.67
3	I	1.10	3.00	29.33	12.33
3	II	1.20	6.00	29.33	13.33
3	III	1.30	4.00	28.33	7.33
3	IV	0.90	5.00	33.67	14.67
4	I	0.40	5.50	28.00	16.67
4	II	0.60	7.50	25.67	14.67
4	III	0.50	7.50	25.33	14.33
4	IV	0.40	7.67	29.33	11.67
5	I	0.00	0.00	29.00	12.67
5	II	0.00	0.00	30.00	13.33
5	III	0.00	0.00	30.00	12.67
5	IV	0.50	3.00	33.00	13.66

Anexo 13. Datos tomados para la variable días a la obtención de raíces, en el estudio Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Tratamiento	Repetición	Días a la obtención de raíces
1	1	60.00
1	2	60.00
1	3	60.00
1	4	60.00*
2	1	58.00
2	2	60.00
2	3	58.00
2	4	56.00
3	1	58.00
3	2	60.00
3	3	60.00
3	4	60.00
4	1	55.00
4	2	52.00
4	3	54.00
4	4	52.00

* Dato obtenido del promedio de las repeticiones

Anexo 14. Fotografías del ensayo Estandarización de una metodología de multiplicación clonal de portainjertos de aguacate (*Persea americana* Miller). Tumbaco, Pichincha. 2012.

Fotografía 1. Portainjertos de semilla

Fotografía 2. Injertación con los diferentes tipos de ramilla del cv Duke 7

Fotografía 3. Brotación de la ramilla corta, del injerto Duke 7

Fotografía 4. Ingreso de las plantas a la cámara de etiolación

Fotografía 5. Crecimiento del brote etiolada a los 30 días de haber ingresado a la cuarto oscuro

Fotografía 6. Detalle del corte en forma de anillo en el brote etiolado

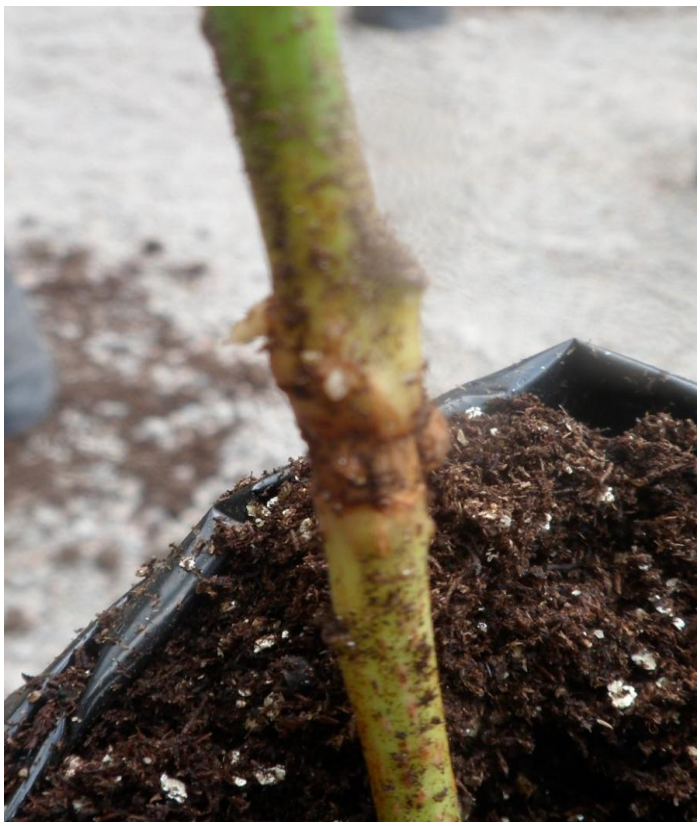
Fotografía 7. Aplicación de la solución de AIB 5 000 ppm en la herida

Fotografía 8. Métodos empleados para la formación de raíces
Izquierda: envoltura de papel aluminio
Derecha: sustrato

Fotografía 9. Vista general del ensayo a 60 días de haber aplicado los tratamientos

Fotografía 10. Formación de callo con dosis de AIB 5 000 ppm y sustrato

Fotografía 11. Formación de callo con dosis de AIB 10 000 ppm y sustrato



Fotografía 12. Brote con formación de raíces iniciales dosis 5000 ppm AIB y sustrato

Fotografía 13. Brote con raíces formadas, dosis de AIB 10 000 ppm y sustrato

Fotografía 14. Brote con formación de callo, dosis de AIB 5 000 ppm y envoltura de papel aluminio

Fotografía 15. Formación de callo y primordios radiculares, dosis de AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio

Fotografía 16. Brote con raíces formadas, dosis de AIB 10 000 ppm y envoltura de papel aluminio

Fotografía 17. Formación de callo en brotes de estrangulamiento con alambre de cobre