

Evaluación de dos métodos de propagación asexual en inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten)

Evaluation of two methods of asexual propagation in inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten)

Judith GARCÍA✉, Humberto MORATINOS y Dinaba PERDOMO

Instituto de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Avenida Universidad vía El Limón, Maracay, estado Aragua. Apartado Postal 4579. Venezuela.
E-mail: garciaj66@gmail.com ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 11/05/2009

Primera revisión recibida: 11/12/2009

Fin de primer arbitraje: 15/07/2009

Aceptado: 15/12/2009

RESUMEN

La reproducción del inchi en condiciones naturales es sexual, por ello se forman plantas que difieren de sus progenitores y no se garantiza homogeneidad en los materiales. En inchi es necesario asegurar el sexo de la planta con anticipación para un manejo eficiente, relacionado con el número de plantas de cada sexo y su establecimiento en el campo, por ello se evaluaron dos procedimientos (por estacas e injertos) con el fin de determinar cual de ellos permitía mejor propagación vegetativa del material. Los ensayos de propagación por estacas fueron realizados con materiales del Campo Experimental de FAGRO, UCV. En propagación por estacas no se obtuvo enraizamiento. Hubo formación de callos, con mayor éxito a partir de estacas que fueron tomadas de la parte gruesa con madera semidura y tratadas con Radixone. Los patrones para injertar se obtuvieron utilizando semillas extraídas de frutos recolectados en Calderas, estado Barinas. Las plantas donadoras se encuentran en el campo Experimental de FAGRO, UCV y se tomaron estacas solo de dos árboles, uno de cada sexo. Se evaluaron dos métodos de injertación; el enchapado lateral y el de corona. A los 30 días de injertación se evidenció que el sexo de la planta y el tipo de injerto actuaron independientemente sobre la probabilidad de prendimiento. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los sexos de la planta ($p>0,05$). El injerto de corona obtuvo mayor prendimiento. Se evidenció alta mortalidad en los injertos después de retirar el plástico que cubre el punto de unión patrón-injerto. La altura a la cual se realizó el injerto no influyó sobre la longitud del injerto, longitud de las hojas o número de hojas.

Palabras clave: Inchi, *Caryodendron orinocense*, estacas, reguladores, injertación, enchapado lateral, corona, regresión.

ABSTRACT

Reproduction in inchi is sexual, in natural conditions, thus new plants differ from their ancestors and do not guarantee homogeneity in the materials. In inchi, it is necessary to assure sex of the plant with anticipation in order to achieve an efficient handling, related to the number of plants of each sex placed in the field. Two procedures were studied (stakes and grafting) in order to determine which one allow better vegetative propagation. Trials of propagation by stakes were made with materials collected in the Experimental Field of FAGRO, UCV. Rooting was not obtained in any case, only small callous were formed. Stakes taken from soft wood of the branch and treated with Radixone were more successful. Patrons for grafting were obtained from seeds collected in Calderas, in the state of Barinas. The mother plants were located in the Experimental field of FAGRO, UCV, and scions were taken from two single trees, one of each sex. Two grafting procedures were used; splice side and crown graft. Thirty days after, sex and type of graft acted independently and there was no statistical signification for sex ($p>0.05$). The probability of sticking was higher in crown grafts. There was high mortality for grafts after the foil that covered the point of joint rootstock- scion was retired. The height to place the graft was not related to length of the graft leaves, length of the graft and number of graft leaves.

Key words: Inchi, *Caryodendron Orinocense*, cuttings, growing regulators, grafting, splice side, crown graft, regression.

INTRODUCCIÓN

La dependencia de Venezuela en materia prima oleaginosa es alta, de allí la importancia que tiene el estudio y producción de oleaginosas nativas. Ya en 1956, Pérez Arbelaez estableció que el inchi

(*Caryodendron orinocense* Karsten), de acuerdo al juicio de especialistas de varios países, se podía considerar como “la oleaginosa más promisoriosa de América” pero todavía no se le ha dado el uso apropiado. El inchi es reconocido por su alto valor nutricional, lo que hace que su aceite y nueces sean

ideales para el consumo humano. (Díaz y Ávila, 2002).

El inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) es una planta rústica, de gran adaptabilidad y polifuncionalidad. Es posible utilizar su fruto como productor de aceite y como nuez; así como también sus desechos en forma de torta residual y como árbol maderable en el desarrollo de bosques diversificados, obteniendo no sólo madera sino también alimento, forraje y productos medicinales, entre otros. El fruto tiene un epispermo coriáceo y el endospermo carnoso, es comestible y muy semejante a la nuez europea (*Castanea vulgaris* L.). Contiene de 40 a 80% de finísimo aceite que reemplaza al de oliva (*Olea europea* L.), al del maní (*Arachis hipogea* L.) y otros. La madera es de color rojizo amarillento pálido y con olor a aceite de oliva, es altamente apreciada por los carpinteros por ser fácilmente trabajable, especialmente por el buril. El árbol adulto alcanza los seis metros de altura con un diámetro de copa de hasta 10 metros, cuando es sembrado a una distancia entre 6 y 8 metros; produce un promedio de 150-200 kilos de nuez, lo cual representa aproximadamente tres toneladas por hectárea al año, si se tiene en cuenta su alto contenido de aceite, puede constituirse en una de las industrias rurales de mayor rentabilidad y porvenir (Jiménez y Bernal, 1992).

De acuerdo a estudios realizados por Alfaro *et al.* (1994), en la Unidad de Análisis de Alimentos de la Facultad de Farmacia en la Universidad Central de Venezuela, las semillas tienen un contenido de grasa de aproximadamente 30% (b.s.). Después de la extracción, la torta remanente representa una buena fuente de proteína (18,40%, b.s.) y de carbohidratos por diferencia 57,69%. Luego de la extracción y obtención del almidón total, éste presentó una pureza de 91,16%, con posibilidades para consumo tanto humano como animal.

Los residuos o desechos, producto de la extracción del aceite, se pueden usar como abono en otros cultivos como girasol (*Helianthus annuus* L.) y algodón (*Gossypium* sp.), entre otros (Fernández, 1993). Las semillas crudas se muelen y se les extrae el jugo con el cual se elaboran cuajadas, suero y dulce de leche, pudiendo también ser consumidas sancochadas (Tamayo, 1963).

Es importante destacar la superioridad del inchi en cuanto a la calidad y producción de aceite sobre otras plantas oleaginosas utilizadas

actualmente. El inchi es el más rico en ácidos grasos insaturados, más del 93%. Luego de que las semillas son prensadas en frío resulta un aceite comestible de altísima calidad, único en contenido de Omega 3, 6 y 9. También denotan su valor en la medicina y cosmética. (Barrio Healey, 2005). Jiménez y Bernal (1992) aseveran que también es útil en medicina, como reconstituyente, usado para el tratamiento de afecciones epidérmicas y como laxante.

Con relación a su origen, el género *Caryodendron* es propio de Suramérica, se encuentra distribuido en Brasil, Colombia, Ecuador, Panamá, Perú y Venezuela. Está constituido por cuatro especies que tienen como hábitat natural el bosque húmedo tropical y el bosque muy húmedo tropical. La variación intragenérica con respecto a la morfología y la bioquímica es enorme. El *Caryodendron orinocense* Karsten, es propio de la Orinoquia y amazonia suramericana; por todo el pie de monte de la vertiente oriental de la Cordillera Oriental, desde muy al sur del Ecuador hasta el norte de Venezuela, Van Dijk (1979) y Durán (1985). Tamayo (1963) señaló que en Venezuela este género se encuentra en los bosques tropófilos de la vertiente sur de la cordillera andina, por donde se llega a los límites del estado Lara, con el estado Portuguesa.

En inchi, la reproducción en condiciones naturales es sexual, existiendo mucha variabilidad en la descendencia cuando se siembra a partir de semilla. Para garantizar que los materiales mantengan las características indicadas en cuanto a calidad y producción, es recomendable la propagación vegetativa. Entre los métodos asexuales se encuentran el uso de estacas, de acodos y la injertación.

El inchi ha sido poco estudiado y se plantea la necesidad de investigar sobre su propagación vegetativa con la finalidad de garantizar uniformidad en las plantas, debido a que cuando se propaga sexualmente, aproximadamente a los cinco años ocurre la primera floración y es allí cuando se puede detectar el sexo de la planta por ser una especie dioica. Es necesario conocer el sexo de la planta con anticipación para un manejo eficiente, relacionado con el número de plantas de cada género y su implantación en el campo en las proporciones adecuadas para garantizar una buena producción.

En la propagación sexual de esta especie, Martínez (1980) señala que después que las semillas de inchi han caído al suelo y son semicubiertas por

materia orgánica, las condiciones climáticas son propicias para la germinación, la cual se lleva a cabo en los próximos seis a diez días, con un porcentaje de germinación de 97%. Sin embargo, Durán (1984), realizó un ensayo similar y obtuvo que a los 20 días de haber realizado la siembra el porcentaje de germinación fue de 79%. En este sentido, Van Dijk (1979) estableció que la siembra comercial de las semillas de inchi debe hacerse en almácigos y controlar sistemáticamente la humedad, pues es poco tolerante a los excesos de agua, habiéndose observado que el mayor porcentaje de germinación se obtuvo con la siembra en arena húmeda y sombra fuerte.

Por otra parte, en lo referente a la propagación del inchi por métodos asexuales Martínez (1980), informa que en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Palmira, Valle en Colombia, se realizó un ensayo de enraizamiento de estacas usando reguladores vegetales. Las estacas llegaron a formar callos pero no emitieron raíces.

En busca de la domesticación del inchi Vargas (1988), hizo un aporte significativo y presentó por primera vez resultados sobre propagación asexual de la especie. En esta investigación la técnica de propagación por acodos dio mejores resultados que por estacas, asimismo, el autor recomendó realizar otros trabajos para comparar el anillado de la parte basal contra el anillado de la parte media de las ramas. Si bien la técnica de propagación por estacas no presentó los mejores resultados en cuanto a enraizamiento, sugirió no descartar la realización de otros ensayos y desarrollar técnicas de propagación mediante injertos. En Venezuela, Fernández (1993) realizó numerosos ensayos donde evaluó el efecto de los sustratos en propagación por semillas y de reguladores vegetales en propagación asexual por estacas y acodos; así como el efecto de diferentes métodos de injertación.

Con relación a la injertación, existen diversas razones para su empleo, tales como, la multiplicación de plantas que no pueden reproducir por otra vía, la sustitución de una planta por otra que ha sido seleccionada por su resistencia a algún patógeno o que se adapte a condiciones especiales de suelo o clima y la superación de problemas de incompatibilidad patrón-injerto; así como también para la obtención de plantas libres de virus (Errea *et al.*, 1994), además de poseer raíz pivotante que favorece un mejor anclaje de la misma. (Gil, 1993). En Venezuela se dispone de poca información con

relación a los métodos de propagación vegetativa en *Caryodendron orinocense* Karsten. En vista de ello, se plantea esta investigación como un aporte al conocimiento del cultivo.

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto en la formación de raíces, de dos reguladores comerciales en polvo (Hormonex B y Radixone 3AF) y de los ácidos AIB y AIA; en estacas sin hojas y con hojas, a distintos tamaños (con tres y cuatro yemas), tomadas de diferentes porciones dentro de la rama (apical, media y basal), con diferentes proporciones de arena y aserrín como sustratos, los cuales variaron en cuatro ensayos realizados. Se determinó además el comportamiento de la unión patrón - injerto de acuerdo al sexo de la planta donadora y los métodos de injertación; enchapado lateral y de corona. Se evaluó también el efecto de la altura a la cual se injertó sobre la longitud, número de hojas y largo de las hojas del injerto.

MATERIALES Y MÉTODOS

A. Ensayos de propagación por estacas

Características de los ensayos

Los ensayos de propagación por estacas fueron realizados con materiales en diferentes estados de madurez, recolectados en el Campo Experimental de Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Se realizaron cuatro ensayos simultáneos. Las formulaciones en polvo se aplicaron sumergiendo la base de la estaca en agua y luego en el regulador a fin de lograr una mejor adherencia del producto. Para las formulaciones líquidas se sumergió la base de la estaca por cinco segundos en el regulador. Posteriormente se plantaron en vasos plásticos con el sustrato correspondiente y se colocaron en el propagador de neblina. El ensayo se llevó a cabo durante cuatro meses, realizando observaciones cada quince días. Se realizaron análisis de varianza (ANAVAR) y pruebas de medias de Tukey.

1) Primer ensayo

Material biológico evaluado

Se prepararon estacas subapicales de dos tamaños, tres (3) y cuatro (4) yemas, provenientes de la porción terminal de la rama.

Tratamientos

Se utilizaron dos reguladores de crecimiento; Hormonex B (nombre comercial, presentación en polvo, composición química 0,4 % de ácido α -naftalen acético, ANA; 1 % benomil) dosis única y ácido indolbutírico (AIB 95 % ingrediente activo) a cuatro concentraciones (0, 1000, 2000, 3000 ppm), preparación en líquido. En este ensayo se probaron 10 tratamientos (Cuadro 1).

Sustrato

El sustrato utilizado fue arena más aserrín en proporción 1:1.

Diseño de experimentos

El arreglo es factorial con un diseño en bloques al azar, con dos estacas por unidad experimental y cuatro repeticiones.

Variables respuesta

Las variables medidas fueron: el porcentaje de enraizamiento (%), tiempo de enraizamiento (días), número de yemas y hojas y porcentaje de sobrevivencia (%).

2) Segundo ensayo

Material biológico evaluado

Se prepararon estacas subapicales de cuatro yemas con hojas y sin hojas, provenientes de la porción terminal de la rama.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el ensayo 1 en la propagación asexual en inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten).

| Tratamientos <u>1/</u> | | | |
|------------------------|--------|----|--------|
| 1 | E1 R1 | 6 | E2 R1 |
| 2 | E1 R0 | 7 | E2 R0 |
| 3 | E1 R12 | 8 | E2 R21 |
| 4 | E1 R22 | 9 | E2 R22 |
| 5 | E1 R23 | 10 | E2 R23 |

1/ E1 se refiere a estacas tomadas de tres yemas, E2 se refiere a estacas tomadas de cuatro yemas. R1 es Radixone en polvo, R0 es el testigo, R21 es AIB a concentración 1000 ppm R22 es AIB a concentración 2000 ppm, R23 es AIB a concentración 3000 ppm.

Tratamientos

Se probaron cuatro reguladores de crecimiento; Radixone 3AF (nombre comercial, presentación en polvo, composición química 0,10 % de ANA, 0,05 % de ácido indol acético AIA, AIB y benomil al 2 %), Hormonex B, Acido indolbutírico AIB y Acido indolacético AIA, los dos últimos en concentración 1000 ppm y un testigo al cual no se le aplicó regulador. En total se probaron 10 tratamientos (Cuadro 2).

Sustrato

El sustrato utilizado fue arena.

Diseño de experimentos

El arreglo es factorial con un diseño en bloques al azar, con dos estacas por unidad experimental y cuatro repeticiones.

Variables respuesta

Las variables medidas fueron: el porcentaje de enraizamiento (%), tiempo de enraizamiento (días), número de yemas y hojas y porcentaje de sobrevivencia (%).

3) Tercer ensayo

Material biológico evaluado

Se prepararon estacas subapicales de 15 cm de longitud con hojas y sin hojas, provenientes de la porción terminal de la rama y se realizaron cortes longitudinales en la base de la estacas para mejor penetración de los reguladores.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en el ensayo 2 en la propagación asexual en inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten).

| Tratamientos <u>1/</u> | | | |
|------------------------|-------|----|-------|
| 1 | E1 R1 | 6 | E2 R1 |
| 2 | E1 R2 | 7 | E2 R2 |
| 3 | E1 R3 | 8 | E2 R3 |
| 4 | E1 R4 | 9 | E2 R4 |
| 5 | E1 R0 | 10 | E2 R0 |

1/ E1 se refiere a estacas con hojas, E2 se refiere a estacas sin hojas. R1 es Radixone, R2 es Hormonex, R3 es AIB a concentración 1000 ppm R4 es AIA a concentración 1000 ppm y R0 es el testigo.

Tratamientos

Se probaron los reguladores de crecimiento Radixone 3AF, Hormonex B, AIB y AIA, estos dos últimos en concentración de 1000 ppm y el tratamiento testigo al cual no se le aplicó regulador. En total se probaron 10 tratamientos (Cuadro 3).

Sustrato

El sustrato utilizado fue arena.

Diseño de experimentos

El arreglo es factorial con un diseño en bloques al azar, con dos estacas por unidad experimental y cuatro repeticiones.

Variables respuesta

Las variables medidas fueron: el porcentaje de enraizamiento (%), tiempo de enraizamiento (días), número de yemas y hojas y porcentaje de sobrevivencia (%).

4) Cuarto ensayo

Material biológico evaluado

Se prepararon estacas sin hojas con tres yemas, tomadas de tres porciones dentro de la ramas (porciones apical, media y basal).

Tratamientos

Se probaron tres reguladores; Radixone 3AF, Hormonex B y AIB a 1000 ppm y un testigo sin aplicación. En total se probaron 12 tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 3. Tratamientos evaluados en el ensayo 3 en la propagación asexual en inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten).

| Tratamientos 1/ | | | |
|-----------------|-------|----|-------|
| 1 | E1 R1 | 6 | E2 R1 |
| 2 | E1 R2 | 7 | E2 R2 |
| 3 | E1 R3 | 8 | E2 R3 |
| 4 | E1 R4 | 9 | E2 R4 |
| 5 | E1 R0 | 10 | E2 R0 |

1/ E1 se refiere a estacas con hojas, E2 se refiere a estacas sin hojas. R1 es Radixone, R2 es Hormonex, R3 es AIB a concentración 1000 ppm R4 es AIA a concentración 1000 ppm y R0 es el testigo

Sustrato

El sustrato utilizado fue arena.

Diseño de experimentos

El arreglo es factorial con un diseño en bloques al azar, con dos estacas por unidad experimental y cuatro repeticiones.

Variables respuesta

Las variables medidas fueron: el porcentaje de enraizamiento (%), tiempo de enraizamiento (días), número de yemas y hojas y porcentaje de sobrevivencia (%).

B. Ensayos de propagación por injerto

1) Primer ensayo

Material biológico evaluado

Para la propagación por injerto, se prepararon los patrones a partir de semillas de frutos recolectados en Calderas, estado Barinas. Se extrajeron las semillas, a las cuales se les eliminó el pericarpio al momento de sembrarlas. Se colocaron en propagadores de aproximadamente 2m x 1m con un sustrato arena aserrín de coco en proporción 1:1. Las plántulas que emergieron fueron trasplantadas a bolsas plásticas, para luego ser llevadas al vivero para su crecimiento. A los nueve meses después del trasplante, las plantas que mostraron un buen crecimiento vegetativo con un diámetro del tallo aproximado de 0.7 a 1.0 cm, fueron seleccionadas

Cuadro 4. Tratamientos evaluados en el ensayo 4 en la propagación asexual en inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten).

| Tratamientos 1/ | | | |
|-----------------|-------|----|-------|
| 1 | E1 R1 | 7 | E3 R1 |
| 2 | E1 R2 | 8 | E3 R2 |
| 3 | E1 R3 | 9 | E3 R3 |
| 4 | E2 R1 | 10 | E1 R0 |
| 5 | E2 R2 | 11 | E2 R0 |
| 6 | E2 R3 | 12 | E3 R0 |

1/ E1 se refiere a estacas tomadas de la porción apical de la rama, E2 de la porción media y E3 de la porción basal con madera semidura. R1 es Radixone en polvo, R2 es Hormonex en polvo, R3 es AIB en una concentración de 1000 ppm (líquida) y R0 es sin regulador; por lo tanto los tratamientos 10, 11 y 12 son testigos.

como patrones para realizar los ensayos, donde se probaron los métodos de injertación.

Con relación al material para injertar, de las plantas donadoras que se encuentran establecidas en el Campo Experimental de FAGRO-UCV en Maracay, de aproximadamente diez años de edad, se seleccionaron dos árboles, uno de cada sexo, cuya floración y fructificación había sido comprobado. De estas plantas se tomó el material para injertar, en este caso, púa apicales. Inmediatamente se trasladaron al vivero donde se encontraban los patrones y se procedió a la injertación, probándose dos métodos; el enchapado lateral y el de corona.

Tratamientos

En este ensayo se probaron cuatro tratamientos, los cuales consistieron de la combinación de los factores; sexo de la planta y método de injertación.

Diseño de experimentos

El arreglo de tratamientos fue un factorial 2² en un diseño en bloques al azar, con unidades experimentales de cuatro plantas y cinco repeticiones, obteniendo un total de 80 plantas

Análisis estadístico

A los 30 días se revisaron las plantas injertadas y se destaparon los injertos para evaluar el porcentaje de prendimiento. No se realizó análisis de varianza debido a la escala de medida de la variable de respuesta, la cual es nominal dicotómica, en su lugar se realizó análisis de regresión logística, con la intención de que el modelo resultante permitiese establecer la importancia de los factores en estudio y su interacción.

Se realizó una segunda evaluación a los 40 días para hacerle un seguimiento al desarrollo de los injertos después de destaparlos. Se determinó a través de un análisis descriptivo, el porcentaje de prendimiento en cada sexo y tipo de injerto, diez días después de destapar la unión patrón-injerto.

Se realizó una tercera evaluación a los 180 días después de la injertación, en la cual debido a la tasa de mortalidad después de la remoción del plástico, no se consideró el tratamiento de procedencia. Se tomaron mediciones en variables de

crecimiento en los injertos tales como; largo del brote (cm), largo de la hoja mejor desarrollada (cm), ancho de la hoja mejor desarrollada (cm), número de hojas y se realizaron intervalos de confianza para ellas.

Se realizó análisis de correlación de Pearson entre: altura del injerto (cm), longitud del injerto (cm), largo de la hoja (cm), ancho de la hoja (cm) y número de hojas.

2) Segundo ensayo

Posteriormente, se instaló un segundo ensayo de injertación donde se evaluaron patrones de 15 meses de edad, injertados por el método de corona, con púas de plantas femeninas y la remoción de la atadura se realizó a los 90 días.

Análisis estadístico

Se realizaron 40 repeticiones. Se determinó el porcentaje de prendimiento del injerto (PDI) y solo se evaluaron variables de crecimiento en los brotes: altura del injerto (cm), longitud del injerto (cm), largo de la hoja (cm), ancho de la hoja (cm) y número de hojas. Se realizó un análisis descriptivo de estas variables y se determinaron intervalos de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Propagación por estacas

No se observó enraizamiento ni brotación de yemas. Esto coincide con los resultados de Vargas (1988), el cual establece que la técnica de propagación por estacas no presentó los mejores resultados en cuanto a enraizamiento de esta especie.

Fernández (1993) tampoco tuvo éxito en el enraizamiento de estacas en inchi. El utilizó material proveniente de la parroquia Calderas, municipio Bolívar, del estado Barinas, de árboles de la región cuyas estacas fueron trasladadas hasta Maracay. En propagación asexual por estacas no obtuvieron enraizamientos, por ello recomendaron evaluar en nuevos ensayos los reguladores vegetales AIA y AIB en concentraciones diferentes a las utilizadas para probar la inducción al enraizamiento, así como también evaluar tamaños de estacas comprendidos entre 7 y 12 cm.

Se puede reseñar que en el caso en estudio, las estacas se conservaron vivas durante largo tiempo

pero no se observó formación de raíces. Solo en el Ensayo 4, hubo formación de callos pero de dimensiones muy pequeñas. Hartmann y Kester, (2002) establecen que la presencia de estos callos pueden conducir a la suposición de un posible enraizamiento pero no es necesariamente cierto. Los resultados del número promedio de callos formados en el ensayo 4 conjuntamente con la prueba de medias de Tukey se presentan en el Cuadro 5. El coeficiente de variación del 92,5%, fue muy alto, quizás por ello no se pudo apreciar las diferencias entre los tratamientos. Estos coeficientes no son difíciles de obtener en casos como este, en que algunas estacas no presentaron callos, por ello se cuantifican con ceros y otras presentaron gran cantidad de ellos; a pesar de esto, se cumplieron los supuestos del ANAVAR, por ello los resultados tienen validez estadística. Las dimensiones de los callos no se cuantificaron porque en su mayoría eran de un milímetro o menos.

Aún así, el tratamiento 7 (Cuadro 5), presentó mayor promedio de estacas con formación de callos; en este se usaron estacas provenientes de la porción basal con madera semidura utilizando Radixone como regulador de crecimiento. Al respecto Vargas (1988), estableció que usando reguladores de crecimiento, hubo formación de callos y esta fue mayor usando AIB, al comparar con las estacas tratadas con AIA y sin regulador y que la concentración 100 ppm brindó mejores resultados.

Asimismo, Arévalo (1997), realizó un ensayo similar en Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en el

Cuadro 5. Número promedio de estacas con formación de callos en la propagación asexual en inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten).

| Tratamiento 1/ | Media 2/ | Tratamiento | Media |
|----------------|----------|-------------|--------|
| E1 R1 | 4,13 A | E3 R1 | 6,25 A |
| E1 R2 | 5,00 A | E3 R2 | 2,00 A |
| E1 R3 | 5,00 A | E3 R3 | 2,88 A |
| E2 R1 | 5,37 A | E1 R0 | 5,25 A |
| E2 R2 | 4,12 A | E2 R0 | 3,50 A |
| E2 R3 | 2,88 A | E3 R0 | 3,25 A |

1/ E1 se refiere a estacas tomadas de la porción apical de la rama, E2 de la porción media y E3 de la porción basal con madera semidura. R1 es Radixone en polvo, R2 es Hormonex en polvo, R3 es AIB en una concentración de 1000 ppm (líquida) y R0 es sin regulador; por lo tanto los tratamientos 10, 11 y 12 son testigos.

2/ Medias en la columna mostrando diferentes letras son significativamente diferentes al nivel del 5%, según la prueba de medias de Tukey

que se utilizaron diferentes tipos de estacas: estaca apical, estaca media y estaca basal, con un testigo de semilla botánica. La estaca basal, resultó ser el mejor material de propagación, pues tuvo un mejor prendimiento, aunque no se llegó a realizar el trasplante. Allí establecen que este tipo de propagación asexual, no se recomienda en este cultivo por su escasa efectividad.

B. Propagación por injerto

Primero ensayo

Evaluación a los 30 días después de la injertación.

El porcentaje de prendimiento del injerto (PDI) fue evaluado 30 días después de realizado, momento en el cual se procedió a eliminar el plástico que los cubre (Cuadro 6).

Se realizó un análisis de regresión logística debido a que la variable respuesta (si hubo PDI el valor es $Y=1$, si no hubo PDI entonces $Y=0$) es nominal dicotómica y por tanto no se cumple uno de los requisitos del Anavar, el cual establece que la escala de medida de la variable respuesta debe ser al menos de intervalo. Los resultados de este análisis se presentan en el Cuadro 7 y evidencian que no existe interacción sexo- tipo de injerto con $p=0,132$, así como tampoco de sexo con $p=0,154$. Más si existe un efecto significativo de tipo de injerto sobre el PDI con $p=0,012$. El coeficiente estimado de la pendiente para tipo de injerto (INJ), indicó que se esperaría que la transformación logit decrezca 1,935 unidades al pasar de $INJ=0$ (Injerto de Corona) a $INJ=1$ (Injerto Lateral), estableciendo ello que el injerto de corona es la mejor alternativa. Las desviaciones estándar se refieren a los parámetros estimados y provienen de la matriz varianza-covarianza.

Para determinar la significación del coeficiente de regresión se utilizó el estadístico de Wald y el cociente odd. El estadístico de Wald sigue

Cuadro 6. Porcentaje de prendimiento (PDI) del injerto a los 30 días de haber sido injertadas según el sexo de la planta donadora y el método de injertación en la propagación asexual en inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten).

| Sexo | % PDI | Tipo de Injerto | % PDI |
|------|-------|-----------------|-------|
| ♂ | 0,75 | Corona | 0,85 |
| ♀ | 0,78 | Lateral | 0,68 |

una distribución ji cuadrada; en este caso, $p = 0,012$ para INJ, lo cual es significativo a un nivel de significación de 0,05. El “cociente odd” establece en este caso, que la probabilidad de éxito en la respuesta, esto es, prendimiento del injerto, decrece por un factor de 0,14 al pasar de INJ =0 (Injerto de Corona) a INJ =1 (Injerto Lateral). El factor INJ no incluye el uno (1) en el intervalo de confianza del Cociente Odd (OR), lo cual es un indicativo de su significación. Por ello se estableció que hubo diferencias entre los dos métodos siendo el injerto de corona superior que el injerto lateral ($p < 0,05$).

Estos resultados se pueden contrastar con los obtenidos en otros cultivos, como el cacao, en el cual el enchapado lateral fue de mayor éxito (González, 1993). En injertos de sandía (patilla) con patrones de calabaza se compararon diferentes técnicas de injerto y observaron que con la técnica por aproximación se obtuvo la mayor sobrevivencia, la cual resultó menor al utilizar la técnica de púa. (Miguel, 1997; Rojas y Rivero, 2001; López-Eliás *et al.*, 2005).

Evaluación a los 40 días después de la injertación

En el cuadro 8, se presentan los porcentajes de PDI evaluados 10 días después de destapar la superficie del injerto. Se nota una drástica disminución del porcentaje de PDI, a tal punto que a los 180 días fue de 15%. Las plantas continuaban vivas pero no mantuvieron los injertos. Se supone que algún procedimiento de manejo del injerto, relacionado con riego, sombreado o deshidratación del injerto no permitió que continuara el proceso de cicatrización, debido a que se destapó prematuramente el injerto y no se colocó la cámara húmeda en el caso del método de corona, como señala Hartmann *et al.* (2007), quien establece que, a menos que en las plantas injertadas los tejidos adyacentes a la unión de injertos se mantengan por algún medio con una humedad elevada, las probabilidades de una cicatrización exitosa son bastantes reducidas.

Esto coincide con las experiencias de Gervais (1981) en cacao, el cual establece que la muerte de los injertos ocurre en su gran mayoría durante los dos meses siguientes a la injertación. Se recomienda realizar mayor número de ensayos para establecer el tiempo apropiado para desatar el injerto, ya que si es muy temprano el tejido de unión es muy tierno y escaso y se seca cuando parecía que ya estaba brotando. Mantener la atadura mucho tiempo tampoco es recomendable, ya que se estrangularía el injerto al dificultar el paso de la savia, aunque ello también depende de la flexibilidad del material que se use para realizar la atadura.

Evaluación a los 180 días después de la injertación

En esta evaluación sólo habían 12 plantas a evaluar y un porcentaje global de PDI de 15%, se realizó la caracterización de los injertos sobrevivientes sin considerar el tratamiento al cual pertenecía, tal como se presenta en el Cuadro 9, en el cual se asegura con un 95% de confianza que el verdadero valor promedio de cualquiera de estas variables está incluido dentro de esos intervalos.

Se puede observar a los 180 días después de injertar, que los injertos que sobrevivieron, presentaron un buen desarrollo de hojas, con un promedio de 11 hojas por planta, con una longitud promedio de 24 cm y 11 cm de ancho. La longitud de la copa estuvo entre 7-51 cm con una alta variabilidad. La injertación se realizó entre los 30-40 cm del suelo.

Cuadro 8. Porcentaje de prendimiento del injerto (PDI) a los 40 días después de injertación en la propagación asexual en inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten).

| Sexo | % PDI | Tipo de Injerto | % PDI |
|------|-------|-----------------|-------|
| ♂ | 0,65 | Corona | 0,75 |
| ♀ | 0,60 | Lateral | 0,50 |

Cuadro 7. Significación de los coeficientes e Intervalos de Confianza del 95% para OR en el modelo de regresión logística en la propagación asexual en inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten).

| Parámetro | Estimado | Desviación Estándar | Estadístico de Wald | Pr > Ji Cuadrada | I. de C. del 95% para el Cociente Odd (LI-OR-LS) |
|------------|----------|---------------------|---------------------|------------------|--|
| Intercepto | 1,735 | 0,626 | 2,77 | 0,005 | |
| SEXO | -1,115 | 0,782 | -1,43 | 0,154 | 0,07- 0,33 - 1,52 |
| INJ | -1,935 | 0,771 | -2,51 | 0,012** | 0,03 - 0,14 - 0,65 |
| SEXINJ | 1,517 | 1,007 | 1,51 | 0,132 | 0,63 - 4,56 - 32,86 |

Se encontraron algunas significaciones en los análisis de correlación realizados entre las variables respuesta evaluadas (Cuadro 10). Se deduce que los injertos que desarrollaron hojas, tuvieron un crecimiento integral, esto es, hojas anchas y largas y que cuando el injerto fue de mayor longitud hubo mayor cantidad de hojas presentes y estas fueron más largas y más anchas.

En cuanto al número de hojas, en ensayos con sandía a los 16 días de realizado el injerto, López-Eliás *et al.*, (2008) observaron que el injerto de aproximación mostró un mayor número promedio de hojas (entre 3,3-3,6), que el injerto de púa (entre 1,6-1,9), debido principalmente a una menor deshidratación. En el presente estudio no se pudieron comparar las técnicas de injerto porque se tomaron indistintamente los sobrevivientes de ambas técnicas.

Se detectaron asociaciones bajas y no significativas entre la altura a la cual se realizó el injerto con las otras variables evaluadas indicando ello que no tiene un efecto sobre ellas. Por lo tanto no es importante considerar la altura a la cual se realiza el injerto como factor de variabilidad en el desarrollo de este, en inchi.

Al respecto, Heenkenda y Dassanayaka (2002) señalaron que la injertación de *Durio zibethinus* Murr entre 10 -15 cm de altura en el portainjerto tuvo un 87 por ciento de pegue en relación a patrones injertados a mayor altura. Por otra parte, Di Vaio *et al.* (2009), trabajando con injertos en manzanas señalaron que la altura del punto de

injertación no afectó el rendimiento de las plantas; pero si se vio afectada la circunferencia del injerto (púa), la cual fue mayor en la combinación de 10cm con relación a los 20cm.

Segundo ensayo

Evaluación de un solo método de injertación a los 90 días después de realizado

Se probó el mejor método encontrado en el ensayo anterior, el cual resultó ser el injerto de corona, y en cuanto al sexo de la planta, como no hubo significación en el análisis de regresión logística, el material para la injertación de plantas fue tomado de sexo femenino.

A los 90 días después de la injertación y aún sin destapar el injerto, se contaron 19 injertos vivos de los 40 inicialmente realizados lo que representa un 47% de prendimiento del injerto el cual resulta muy bajo, si lo comparamos con otras especie frutales perennes como la guayaba donde Ramírez *et al.* (1999), empleando este método de injertación lograron 80% de prendimiento del injerto.

La caracterización de los injertos sobrevivientes se muestra en el Cuadro 11, en el cual se asegura con un 95% de confianza que el verdadero valor promedio de cualquiera de estas variables está incluido dentro de esos intervalos. Se realizó también análisis de correlación entre las variables pero con resultados muy parecidos a los obtenidos en el Cuadro 10.

Cuadro 9. Caracterización del injerto a los 180 días después de la injertación en la propagación asexual en inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten).

| Variable | Intervalo de Confianza (95% de confianza) | Media | Coefficiente de variación (%) | Mínimo-Máximo |
|---------------------------|---|-------|-------------------------------|---------------|
| Altura del injerto (cm) | (32,83 ; 36,84) | 34,83 | 9,06 | 30-40 |
| Longitud del injerto (cm) | (22,29 ; 36,21) | 29,25 | 37,45 | 7-51 |
| Largo de la hoja (cm) | (20,89 ; 27,94) | 24,42 | 22,73 | 10-30 |
| Ancho de la hoja (cm) | (9,32 ; 12,02) | 10,67 | 19,92 | 5,5-13 |
| Número de hojas | (8,45 ; 13,37) | 10,92 | 35,47 | 5-21 |

Cuadro 10. Matriz de correlaciones entre variables de desarrollo de los injertos de plantas de inchi en una muestra de 12 observaciones en la propagación asexual en inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten).

| | Altura de injerto | Longitud de hoja | Longitud de injerto | Número de hojas |
|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Longitud de hojas | 0,0925 (p = 0,7749) | | | |
| Longitud del injerto | 0,1984 (p = 0,5364) | 0,7635 (p = 0,0039) | | |
| Numero de hojas | 0,5639 (p = 0,0562) | 0,3824 (p = 0,2198) | 0,7528 (p = 0,0047) | |
| Ancho de hojas | 0,0587 (p = 0,8562) | 0,8800 (p = 0,0002) | 0,6014 (p = 0,0386) | 0,1179 (p = 0,7153) |

Cuadro 11. Caracterización de los injertos a los 90 días después de la injertación observaciones en la propagación asexual en inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten).

| Variable | Intervalo de Confianza (95% de confianza) | Media | Coefficiente de variación (%) | Mínimo-Máximo |
|---------------------------|--|-------|----------------------------------|---------------|
| Altura del injerto (cm) | (29,60 ; 33,55) | 31,58 | 12,98 | 26-41 |
| Longitud del injerto (cm) | (9,59 ; 13,35) | 11,47 | 33,93 | 6-22 |
| Largo de la hoja (cm) | (7,24 ; 14,43) | 10,83 | 66,75 | 0-27 |
| Número de hojas | (2,67 ; 5,87) | 4,27 | 75,13 | 0-12 |

CONCLUSIONES

1. En la evaluación de propagación por estacas no se observó brotación de yemas en ninguno de los ensayos realizados. Cuando hubo formación de callos, el mayor número de ellos fueron en estacas tomadas de la porción basal de la rama y tratadas con Radixone.
2. El sexo de la planta y el tipo de injerto no interaccionan cuando se analiza la probabilidad de prendimiento después de 30 días de injertación.
3. En los análisis de regresión logística a los 30 días, no existió significación estadística para sexo de la planta, más si existió un efecto estadísticamente significativo de tipo de injerto sobre la probabilidad de prendimiento en los injertos, la cual resultó mayor en los injertos de corona que en los injertos laterales.
4. Se recomienda extremar las medidas de mantenimiento del cultivo luego de destapar el injerto, debido a que se evidenció alta mortalidad en los injertos después de ello.
5. La altura a la cual se realizó el injerto no influyó sobre la longitud del injerto, longitud de las hojas o número de hojas, por ello no es importante considerarla como factor de variabilidad en el desarrollo del injerto en inchi.
6. La técnica de propagación por injertación dio mejores resultados que la de estacas.

LITERATURA CITADA

Arévalo G. 1997. El cultivo del Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la Amazonia. In Tarapoto, Perú. INIA, Estación Experimental El Porvenir. Informe Anual 1997. Tarapoto s.p. (en línea).

Barrios H. 2005. Sacha. La gran revolución de las grasas (The Big Fat Revolution), 28, Norma (ed). En línea <<http://la gran tierra.com>>.

Díaz, J. A. y L. M. Avila. 2002. Sondeo del mercado mundial de Inchi (*Caryodendron orinocense*). Instituto de Investigación de productos biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá Colombia. 16 p.

Di Vaio C.; C. Cirillo, M. Buccher and F. Limongelli. 2009. Effect of interstock (M.9 and M.27) on vegetative growth and yield of Apple trees (cv. "Annurca"). *Scientia Horticulturae* 119: 270-274.

Durán, M. E. 1985. Comportamiento de la especie *Caryodendron orinocense* Karsten a la propagación vegetativa por injerto. Tesis de Grado. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Santafé de Bogotá, Colombia. 123p

Errea, P.; A. Felipe and M. Herrero. 1994. Graft establishment between compatible and incompatible *Prunus* spp. *Journal of Experimental Botany* 45 (272): 393-401.

Fernández, M. 1993. Evaluación de algunos métodos de propagación del inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) Tesis de Grado. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 52p.

Gervais, M. 1981. Greffage du cacaoyer en fente terminale. *Café, Cacao, Thé* 25(1): 55-59.

Gil, F. 1993. Estudio de la relación patrón injerto en plantas de cacao (*Theobroma cacao*) seleccionadas en la Estación Experimental Miranda en Cauagua. Tesis de Grado. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 70p.

González M. 1993. Evaluación de tres métodos de injertación en cacao (*Theobroma cacao* L.) Tesis de

- Grado. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 87p
- Hartmann, H. y D. Kester. 2002. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. Compañía Editorial Continental. S.A. México. 6ª reimpresión. 760 p.
- Hartmann, H.; D. Kester, F. Davies and R. Geneve. 2007. Plant Propagation. Principles and Practices. Prentice Hall. 7th ed. 880 p.
- Heenkenda H. M. and D. R. Dassanayaka. 2002. Improvement of grafting methods for propagation of Durian (*Durio zibethinus* Murr). Annals of the Sri Lanka Department of Agriculture 4: 129-136.
- Jiménez, C. y H. Bernal. 1992. El inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten) La oleaginosa más promisoriosa de la subregión andina. SECAB. Ministerio de Educación y Ciencia. España. Corporación Andina de Fomento. 2da. Edición. 429p.
- López Elías J.; A. Romo, y J. Domínguez. 2008. Evaluación de métodos de injerto en sandía (*Citrullus Lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) sobre diferentes patrones de calabaza. IDESIA (Chile) 26 (2): 13-18.
- López Elías J.; A. Romo y D. R. Fernández. 2005. Evaluación de diferentes técnicas de injerto en sandía. Memorias del XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Chihuahua, Chihuahua. México. p. 225-227.
- Martínez, J. B. 1980. El inchi *Caryodendron orinocense* Karsten. El Agro 25 (3): 21-23.
- Miguel, A. 1997. Injerto de hortalizas. Generalitat Valenciana. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación, Valencia, España. 88 p.
- Perez Arbelaez, E. 1956. Plantas útiles de Colombia. Primera edición. Sucesores de Rivadeneira, S. A. Santafé de Bogotá, Colombia. p. 341-343
- Ramirez, M.; A. Urdaneta y M. Marin. 1999. Injertacion y estaquillado en guayabo bajo condiciones de bosque muy seco tropical. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 16 Supl. 1: 36-42.
- Rojas, L y F. Riveros. 2001. Efecto del método y edad de las plántulas sobre el prendimiento y desarrollo de injertos de melón (*Cucumis melo*). Agricultura Técnica 61: 262-274.
- Tamayo, F. 1963. Plantas comestibles poco conocidas como tales. Revista de la Facultad de Agronomía 3 (1): 5-101.
- Vargas, A. G. 1988. Memoria Técnica Ensayos Agronómicos. Granja Experimental San José de Guaviare. Corporación Araracuara. Proyecto DAINCO-CASAM. p. 23-38.
- Van Dijk, K. 1979. El cacay o inchi (*Caryodendron orinocense* Karsten). Evaluación del estado de la investigación de la especie: perspectivas y propuestas para futuras investigaciones. INDERENA, PNUD, FAO, CONIF. Col/74/005.PIF N°24. 45p.