

Estudio de técnicas innovadoras para la propagación vegetativa del camu camu (*Myrciaria dubia* McVaugh) en la comunidad de San Miguel, río Amazonas, Iquitos, Perú

Study of innovative techniques for vegetative propagation of camu camu (*Myrciaria dubia* McVaugh) in San Miguel community, Amazon River, Iquitos, Perú

Julio Soplín¹

Recibido: noviembre 2012

Aceptado: febrero 2013

RESUMEN

El trabajo se realizó en la comunidad de San Miguel, provincia de Maynas, Loreto, Perú. El problema planteado fue la falta de una técnica eficiente para la propagación vegetativa del camu camu (*Myrciaria dubia*) que proporcione material genético de alta calidad y en cantidades adecuadas. Se utilizó el método de la investigación participativa y se analizaron en diseños de bloques completos al azar, incluyendo arreglos factoriales de los tratamientos. Para los **“acodos aéreos”**, en la característica emisión de brotes aéreos, así como para el enraizamiento: los mejores tratamientos fueron utilizando los genotipos MD-15 y MD-17, ambos manipulando la rama superior y con diámetro mediano. Para las **estacas**, en la emisión de brotes aéreos: los mejores tratamientos, pero sin significación estadística, se obtuvieron aplicando a las estacas solución acuosa de hojas de *Ficus* sp. y ácido naftalenoacético; en cambio para la emisión de raíces, los mejores tratamientos se lograron al aplicar solución de *Ficus* sp., ácido naftalenoacético y ácido indolbutírico. Para los injertos, se encontró que utilizando el método de la púa (m_3) el **porcentaje de brotación del injerto** presentó mayor efecto en la soldadura del injerto con promedio de 85% de brotación y los genotipos MD-17, MD-15 y MD-14; utilizando este método se alcanzaron promedios de brotación del 90%, 87,50% y 77,50%, respectivamente.

Palabras claves: propagación vegetativa, camu camu, propagación por estacas, propagación por acodo aéreo.

ABSTRACT

This work is done in San Miguel community, province of Maynas, Loreto, Perú. The problem was the lack of an efficient vegetative propagation of camu camu (*Myrciaria dubia*) to provide genetic material of high quality and in adequate amounts technique. It was used the participatory research method and analyzed in designs randomized in a complete block, including factorial arrangement of treatments. For **“air-layering”** in the emission characteristic of aerial shoots and rooting for: the best treatments were using the MD-15 and MD-17 genotypes, both by manipulating the upper branch and median diameter. For **stakes**, in the emission of air outbreaks: the best treatments, but without statistical significance, they were obtained by applying to the stakes aqueous solution of leaves of *Ficus* sp. and naphthaleneacetic acid; instead to issue roots, the best treatments were achieved by applying solution *Ficus* sp., naphthaleneacetic acid and indole butyric acid. For grafts, it was found that using the method of the barb (m_3) the **percentage of sprouting graft** presented greater effect on welding graft with an average of 85% of sprouting and MD-17, MD-15 and MD-14 genotypes; using this method averages sprouting 90%, 87,50% and 77,50% respectively were reached.

Key words: vegetative propagation, camu camu, propagation by cuttings, air layering propagation.

¹Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Samanez Ocampo 185, Iquitos, Loreto, Perú. juasori@yahoo.es

INTRODUCCIÓN

El camu camu (*Myrciaria dubia*) es una especie nativa de la Amazonía peruana, que crece en estado silvestre en los suelos aluviales amazónicos. El potencial de producción de este fruto está en proporción directa al área circunscrita al sistema ribereño, que se estima en 7 750 000 hectáreas de suelos inundables, de los cuales un significativo porcentaje podría ser aprovechado con esta especie (Pinedo, 2001).

Ferreira y Gentil (2003), citado por Doster *et al.* (2009), mencionan que el camu camu se propaga en forma convencional y sin ningún problema por semilla botánica; bajo esta forma se tiene la ventaja de tener disponibilidad de semillas para la producción de plántones en forma masiva, pero tiene la desventaja de producir plantaciones no uniformes o heterogéneas (genéticamente) producto de la alogamia que presenta la planta.

La falta de homogenización de las características deseables del material de propagación y la escasa disponibilidad de material de propagación seleccionado para la siembra a gran escala, son limitantes para la siembra masiva de plántones de alta calidad genética probada, quedando solo en esfuerzos "piloto" (Pinedo, 2001).

En la propagación vegetativa de esta especie se ha desarrollado el método de injertación por astillas. Enciso (1992) por este método obtuvo prendimientos de 83,3%. La propagación vegetativa del camu camu por injerto ha sido difundida en la región Ucayali (Pucallpa). Los ensayos en parcelas comerciales han demostrado que este método da buenos resultados, pero necesita continuo manejo de podas para dar a la planta la arquitectura deseada. Otra

labor agrícola frecuente es la eliminación de brotes basales del tallo del patrón (chupones). Bajo condiciones de la región Loreto, los ensayos preliminares indican que las plantas injertadas no desarrollan una arquitectura deseada. También se mencionan el injerto inglés simple y el injerto de hendidura, pero sin mayores comentarios sobre sus ventajas o desventajas.

Asimismo, Rojas *et al.* (2004) utilizaron el acodo aéreo para lograr enraizar especies vegetales arbóreas o arbustivas que tienen dificultad de enraizamiento; esta técnica consiste en hacer que un tallo o una rama desarrolle raíces sin separarlo de la planta madre.

Imán y Melchor (2007) mencionaron que el acodo aéreo es un método de propagación vegetativa que consiste en hacer desarrollar raíces a porciones de tallo y ramas, bajo condiciones de sustrato de tierra agrícola con aserrín y con riegos frecuentes. Al cabo de tres meses las estacas desarrollan raíces en un 40-50%.

La comercialización más significativa de camu camu al exterior se registró en el año 2007, con más de cien toneladas de pulpa, que obtuvo 4,8 millones de dólares americanos; pero en el 2008, el valor de la exportación se redujo drásticamente a dos millones de dólares americanos y hasta hoy no se reporta recuperación de la demanda (Pinedo *et al.*, 2010).

Este fruto amazónico posee excelente propiedad antioxidativa y biológica que contribuye a la protección celular, especialmente en condiciones de inflamación y estrés oxidativo; por estas características el camu camu es considerado como un alimento funcional (Pinedo *et al.*, 2010). Este mismo autor informa que los niveles de vitamina C en el fruto van desde 1230 a 2994

mg/100 g en poblaciones naturales y de 887 a 3079 mg/100 g en plantaciones.

El objetivo fue lograr al menos una técnica de propagación vegetativa del camu camu, que posteriormente proporcione plantones de alta calidad genética y en cantidades deseables y oportunas para su siembra.

MATERIAL Y MÉTODO

El trabajo se realizó entre mayo y noviembre de 2011. Estuvo compuesto por tres ensayos: el **experimento 1** y el **experimento 3** se realizaron en la comunidad de San Miguel, ubicada en la ribera izquierda del río Amazonas, a diez minutos en bote motor, en el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - Estación Experimental Agraria San Roque, cuyas coordenadas geográficas son las siguientes: latitud 03° 50' 28" S, longitud 73° 10' 25" O y altitud 110 msnm; mientras que el **experimento 2** en las instalaciones del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), ubicado en el km 2,5 de la Av. Abelardo Quiñones. Ambos ambientes pertenecen a la provincia de Maynas, región Loreto, Perú.

El método del proyecto fue la **investigación participativa**. El fundamento de la tecnología estuvo orientado al desarrollo tecnológico de la propagación vegetativa del camu camu como alternativa para la obten-

ción de plantones de calidad genética deseada. El enfoque de la investigación fue el **experimental**.

Se seleccionaron tres agricultores locales y tres tesis, quienes realizaron ensayos sobre propagación vegetativa mediante las técnicas del "acodo", "estacas" e injertos; posteriormente, fueron cuidados en los viveros, donde también se evaluaron en iguales condiciones.

Para el análisis de los datos de campo se utilizó: en el **experimento 1**, el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 3 x 2 x 2 (12 tratamientos) con 3 repeticiones; para el **experimento 2**, el diseño bloque completo al azar; y para el **experimento 3**, el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 3 x 3 con 4 repeticiones. Las comparaciones múltiples de medias de los tratamientos se realizaron a través de la prueba de Tukey, utilizando los programas informáticos InfoStat.

RESULTADOS

Experimento 1: Efecto del diámetro, ubicación de la rama en acodo aéreo en tres genotipos superiores de *Myrciaria dubia* en Iquitos

Brotos de los "acodos aéreos"

En la tabla 1 se presenta el Anova de las

Tabla 1. Análisis de varianza de variables evaluadas de los brotes de los acodos aéreos a los 90 días - Experimento 1.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	N° DE BROTES		LONGITUD DE BROTES		N° DE HOJAS/BROTE	
		CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG
Bloque	2	0,06		1,69		0,04	*
Genotipo (G)	2	0,00028	NS	28,68	**	0,1	*
Ubicación (U)	1	0,36	*	37,82	*	0,05	*

Continúa...

Continúa...

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	N° DE BROTES		LONGITUD DE BROTES		N° DE HOJAS/BROTE	
		CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG
Diámetro (D)	1	1,36	*	121,37	**	0,38	**
G x U	2	0,03	NS	11,39	*	0,03	NS
G x D	2	0,05	NS	4,29	NS	0,03	NS
U x D	1	0,0011	NS	15,87	*	0,00028	NS
G x U x D	2	0,01	NS	34,23	**	0,0019	NS
Error	22	0,03		1,56		0,01	
TOTAL	35						
CV		5,26%		5,41%		2,48%	

* Significativo estadísticamente ($\alpha = 0,05$).** Alta significación estadística ($\alpha = 0,01$).

variables estudiadas para brotes de los acodos aéreos.

En la tabla 1 se observa para la variable **número de brotes emitidos por acodos**, diferencia estadística para las fuentes de variación ubicación de la rama (U) y diámetro de la rama (D). Para la variable **longitud de los brotes en los acodos** se presenta diferencia estadística significativa para las fuentes de variación ubicación de la rama (U), las interacciones genotipo x ubicación (G x U) y ubicación x diámetro (U x D); además, alta diferencia estadística significativa para genotipo (G), diámetro de la rama (D) y la interacción genotipo x ubicación x diámetro (G x U x D). Para la variable **número de hojas emitidas por brote** se visualiza diferencia estadística significativa para bloques genotipo (G) y ubicación de rama (U); en cambio alta diferencia estadística significativa para el diámetro de la rama (D). Los coeficientes de variaciones (CV) para las variables estudiadas son de 5,26, 5,41 y 2,48%, respectivamente; lo que nos da confianza en los resultados alcanzados por la escasa variación de las

medias obtenidas.

En resumen, en lo referente a los **brotes emitidos por los acodos**; en el parámetro para la longitud de brote/acodos los mejores **genotipos** fueron el MD-17 y el MD-15 y para el número de hojas por acodos se tiene a los dos mejores genotipos MD-14 y MD-15. Asimismo, para la **ubicación** del acodo en la rama se obtuvo que la ubicación superior fue la más óptima que la posición media del acodo. También en lo referente al **diámetro** de la rama utilizado para el acodo, se obtuvo superioridad estadística del diámetro mediano sobre el delgado. Del mismo modo, para la interacción genotipo X ubicación X diámetro; se obtuvo significación estadística en el parámetro longitud del brote/acodo, donde se observa superioridad de dos tratamientos, el T8 (MD-15, superior, mediano) y T12 (MD-17, superior, mediano).

Para una mejor apreciación de los tratamientos y su comportamiento en lo referente a la **longitud promedio de los brotes aéreos emitidos por acodo**, se presenta la figura 1.

En la figura 1 se observa que los tratamientos T8 (MD-15, superior, mediano) y T12 (MD-17, superior, mediano),

destacaron con una mayor longitud de brotes emitidos por acodos aéreos, siendo estos de 30,7 y 27,1 cm, respectivamente.

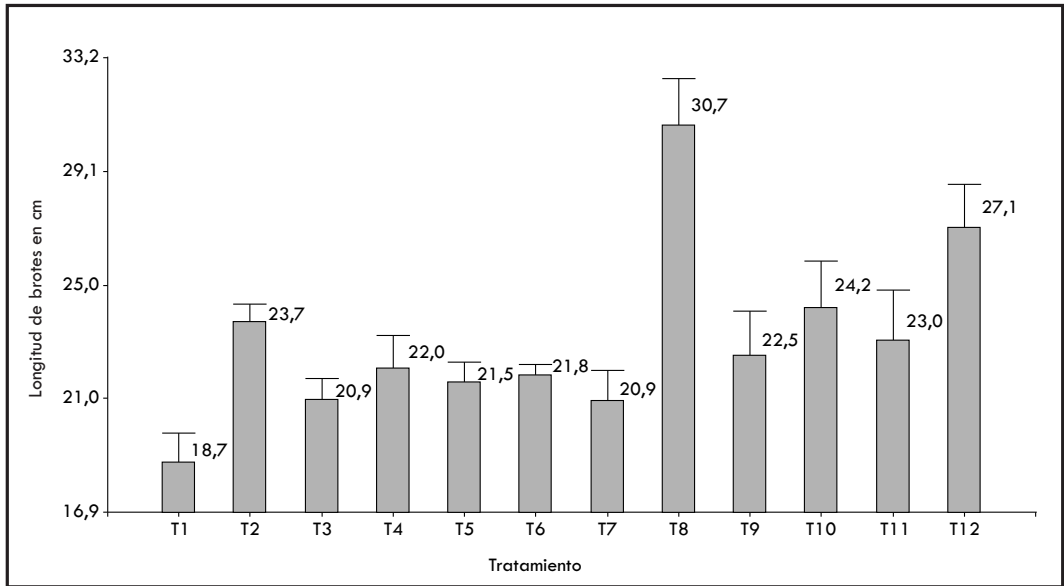


Figura 1. Longitud de brotes por tratamiento - Experimento 1.

Tabla 2. Análisis de varianza de variables evaluadas sobre el enraizamiento de los acodos aéreos a los 90 días - Experimento 1.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	Nº DE RAÍCES		LONGITUD DE RAÍCES	
		CM	SIG	CM	SIG
Bloque	2	0,04	*	0,15	
Genotipo (G)	2	3,84	**	3,63	NS
Ubicación (U)	1	0,07	NS	1,36	NS
Diámetro (D)	1	9,2	**	25,67	*
G x U	2	0,05	NS	1,78	NS
G x D	2	0,76	*	4,04	*
U x D	1	0,36	*	1,28	NS
G x U x D	2	0,14	NS	0,17	NS
Error	22	0,08		1,05	
TOTAL	35				
CV		7,14%		7,86%	

* Significativo estadísticamente ($\alpha = 0,05$).

** Alta significación estadística ($\alpha = 0,01$).

Enraizamiento de los "acodos aéreos"

Se presenta la tabla 2 mostrando el Anova para las variables estudiadas para el enraizamiento de los acodos.

En la tabla 2 se observa para la variable **número de raíces por acodo aéreo**, diferencia estadística significativa para las fuentes de variación correspondientes a bloques, a las interacciones genotipo x diámetro (G x D) y ubicación x diámetro (U x D); además alta diferencia estadística significativa para genotipo (G) y diámetro de rama (D). Para la variable **longitud de raíces por acodos aéreos** se visualiza diferencia estadística significativa para las fuentes de variación diámetro de rama (D) y la interacción genotipo x diámetro (G x D). Los coeficientes de variación (CV) registrados para las variables estudiadas son de 7,14 y 7,86%, respectivamente.

Para una mejor visualización de los tratamientos estudiados y su comportamiento en relación con el número de raíces emitidas por acodos aéreos, se presenta la figura 2.

En la figura 2 se contempla que los tratamientos T6 (MD-15, mediano, delgado) y T8

(MD-15, superior, mediano) son superiores en lo referente al número de raíces emitidas por acodos con 28,7 y 28,3, respectivamente.

En resumen, para el tema sobre **enraizamiento de los acodos aéreos**, el GENOTIPO en la variable número de raíces resultó ser altamente significativo, teniendo que el MD-15 (G₂) es superior estadísticamente sobre los dos genotipos restantes. La ubicación no resultó significativamente, por lo que obviamos esta discusión. En cuanto al diámetro, para número de raíces tuvo alta significación estadística, teniendo que el diámetro mediano (D₂) es superior al diámetro delgado (D₁). Para la longitud de raíces, el diámetro mediano es superior al diámetro delgado. Asimismo, para el caso de la interacción genotipo x ubicación x diámetro en la variable número de raíces, tenemos que el T6 (MD-15, medio, mediano) y el T8 (MD-15, superior, mediano) son superiores estadísticamente a los demás tratamientos, teniendo 28,7 y 28,3 raíces por acodos. Asimismo, para la longitud de raíces por acodos se tiene que los T8 (MD-15, superior, mediano) y T6 (MD-15, medio, mediano) son superiores a los demás tratamientos.

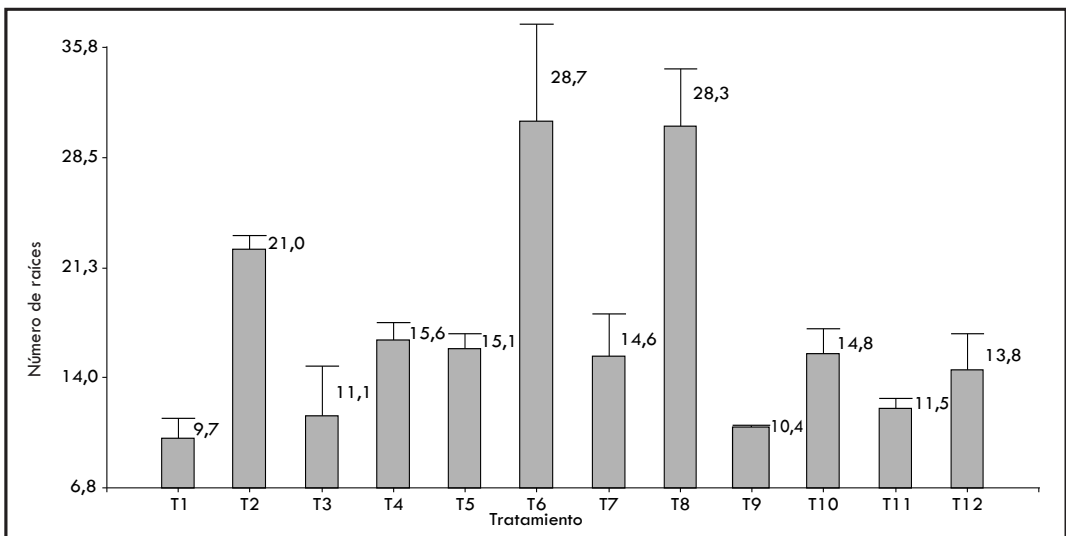


Figura 2. Número de raíces por tratamiento - Experimento 1.

Experimento 2: Influencia de fitorreguladores enraizantes sobre la propagación de *Myrciaria dubia* mediante estacas leñosas en Iquitos

Brotos aéreos de las estacas

La tabla 3 presenta el Anova para las variables estudiadas sobre brotes aéreos de las estacas de camu camu.

En la tabla 3 se presenta al Anova para el **número promedio de brotes por estacas** y la **longitud promedio de brote por estaca**; en ambos parámetros se observa alta significación estadística en la fuente de variación

para bloque, mas no para los tratamientos estudiados.

Para una mejor apreciación de los tratamientos y su comportamiento en lo referente a la **longitud promedio de brotes emitidos**, se presenta la figura 3.

En la figura 3 se observa que los tratamientos T3 (solución acuosa de hojas de ficus), T2 (ácido naftalenoacético), T1 (ácido indolbutírico) y T0 (testigo), no destacaron significativamente; pero hubo superioridad numérica de 9,18 en la estaca que se aplicó la solución de ácido naftalenoacético (T2).

Tabla 3. Análisis de varianza de variables evaluadas de los brotes aéreos de las estacas a los 120 días de sembradas - Experimento 2.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	NÚMERO PROMEDIO DE BROTES		LONGITUD PROMEDIO DE BROTES	
		CM	SIG	CM	SIG
Bloque	9	0,47	**	114,91	**
Tratamiento	3	0,01	NS	0,43	NS
Error	27	0,03		8,19	
TOTAL	39				
		C.V. = 11,68%		C.V. = 32,05%	

** Alta significación estadística ($p \leq 0,01$).

NS: No significativo ($p > 0,05$).

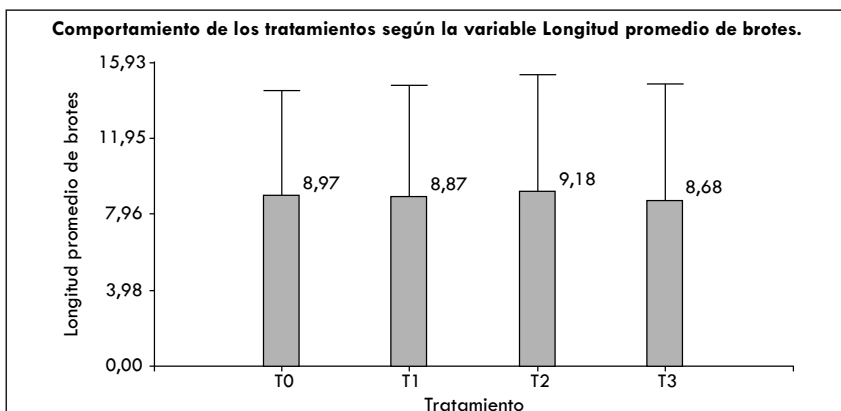


Figura 3. Longitud promedio de brotes obtenidos por tratamientos - Experimento 2.

Enraizamiento de las estacas

La tabla 4 presenta el Anova para las variables estudiadas sobre el enraizamiento de las estacas.

En la tabla 4 se observa para la variable **número promedio de raíces por estaca**, diferencia estadística altamente significativa para la fuente de variación correspondiente a bloque, mas no se observa significancia estadística en la fuente de variación tratamiento. Para la variable **longitud promedio de raíces por estaca**, se visualiza diferencia estadística altamente significativa para la fuente de variación bloque y diferencia significativa para la fuente de variación tratamiento. Y para la variable

porcentaje de enraizamiento de las estacas se presenta una alta significancia estadística para las fuentes de variación bloque y tratamiento.

Para una mejor visualización de los tratamientos estudiados y su comportamiento referente a la longitud promedio de raíces por estacas, se presenta la figura 4.

En la figura 4 se observa que los tratamientos T3 (solución acuosa de hojas de ficus), T2 (ácido indolbutírico), T1 (ácido naftalenoacético) y T0 (testigo), no destacaron significativamente; pero se advierte que el mayor promedio lo posee el T3 con 3,2 raíces por estacas.

Tabla 4. Análisis de varianza de variables evaluadas para enraizamiento de las estacas a los 120 días de sembradas - Experimento 2.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	NÚMERO PROMEDIO DE RAÍCES		LONGITUD PROMEDIO DE RAÍZ		PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO	
		CM	SIG	CM	SIG	CM	SIG
Bloque	9	2,33	**	51	**	13,84	**
Tratamiento	3	0,19	NS	15,99	*	15,48	**
Error	27	0,18		4,78		2,5	
TOTAL	39						
CV		26,57%		54,67%		31,27%	

* Significativo estadísticamente ($p \leq 0,05$).

** Alta significación estadística ($p \leq 0,01$).

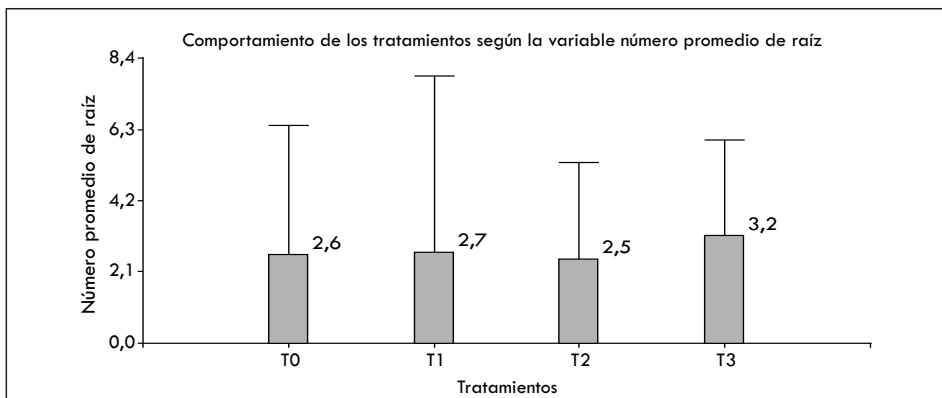


Figura 4. Número promedio de raíces obtenidas por tratamientos - Experimento 2.

Experimento 3: Métodos de injerto en diferentes genotipos y su efecto en la brotación de *Myrciaria dubia* en San Miguel, Iquitos

Variables evaluadas en el ensayo

En la tabla 5 se presentan los análisis de variancia para las variables: porcentaje de brotación del injerto, número de brotes del injerto, longitud de brote del injerto y número de hojas por brote; con sus respectivos valores de p; donde se observa para la variable **porcentaje de brotación del injerto** alta significación estadística en las fuentes de variación bloques y método de injerto (M), además significación estadística para la interacción genotipo x método de injerto (G x M). Para la variable **número de**

brotes del injerto existe alta significación estadística para la fuente de variación método de injerto (M), mientras que en las otras fuentes de variación no hay significación. La variable **longitud de brote del injerto** presenta alta significación estadística para las fuentes de variación método de injerto (M) y la interacción genotipo x método de injerto (G x M). Para la variable **número de hojas/brote del injerto** se aprecia significación estadística para la fuente de variación bloques y la interacción genotipo x método de injerto (G x M) y alta significación estadística para la fuente de variación método de injerto (M). Los coeficientes de variación (CV) son 9,23%, 6,90%, 7,86% y 6,17%, respectivamente.

Tabla 5. Resumen del análisis de variancia de las variables evaluadas a los 105 días después de la injertación - Experimento 3.

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	PORCENTAJE DE BROTAÇÃO DEL INJERTO		NÚMERO DE BROTES DEL INJERTO		LONGITUD DE BROTE DEL INJERTO		NÚMERO DE HOJAS/BROTE DEL INJERTO	
		CM	p-value	CM	p-value	CM	p-value	CM	p-value
Bloque	3	153,54	0,0041**	0,0034	0,7729 NS	0,39	0,7174 NS	0,13	0,0302*
Genotipo (G)	2	62,80	0,1159 NS	0,01	0,2373 NS	1,79	0,1470 NS	0,07	0,1538 NS
Método de injerto (M)	2	1653,31	<0,0001**	1,63	<0,0001**	37,27	<0,0001**	0,80	<0,0001**
G x M	4	104,64	0,0136 *	0,01	0,2257 NS	8,36	0,0001**	0,11	0,0405*
Error	24			0,01		0,86		0,04	
Total	35								
CV		9,23%		6,90%		7,86%		6,17%	

*Significativo estadísticamente (p <= 0,05).

**Alta significación estadística (p <= 0,01).

Tabla 6. Prueba de Tukey (0,05) para el efecto principal método de injerto (M) e interacción (G x M) en el porcentaje de brotación a los 105 días - Experimento 3.

ORD MER	MÉTODO DE INJERTO (M)		PROMEDIO (%)	SIGNIF.	C.V. (%)
	CLAVE	DESCRIPCIÓN			
1	m ₃	Púa	85,00	a	9,70
2	m ₂	Astilla doble	59,17	b	7,81
3	m ₁	Astilla simple	55,00	b	15,29
ORD MER	INTERACCIÓN (G x M)		PROMEDIO (%)	SIGNIF.	C.V. (%)
	CLAVE	DESCRIPCIÓN			
1	g ₃ m ₃	MD - 017 + púa	90,00	a	15,17
2	g ₂ m ₃	MD - 015 + púa	87,50	a	17,38
3	g ₁ m ₃	MD - 014 + púa	77,50	ab	5,37
4	g ₂ m ₁	MD - 015 + astilla doble	62,50	bc	5,76
5	g ₁ m ₂	MD - 014 + astilla simple	62,50	bc	5,76
6	g ₂ m ₂	MD - 015 + astilla doble	60,00	bc	9,47
7	g ₁ m ₁	MD - 014 + astilla doble	55,00	c	6,96
8	g ₃ m ₂	MD - 017 + astilla simple	55,00	c	6,96
9	g ₃ m ₁	MD - 017 + astilla simple	47,50	c	6,62

Promedios que tienen la misma letra, son estadísticamente iguales; caso contrario son significativos.

Porcentaje de brotación del injerto

En la tabla 6 se observa que el método de injerto por púa (m₃) presenta mayor efecto sobre el porcentaje de brotación del injerto con un promedio de 85%, superando significativamente a los métodos de injerto por astilla

doble (m₂) e injerto por astilla simple (m₁), con promedios de 59,17 y 55%, respectivamente. Con coeficientes de variación (CV) de 9,70%, 7,81% y 15,29%, respectivamente.

Para una mejor apreciación de los

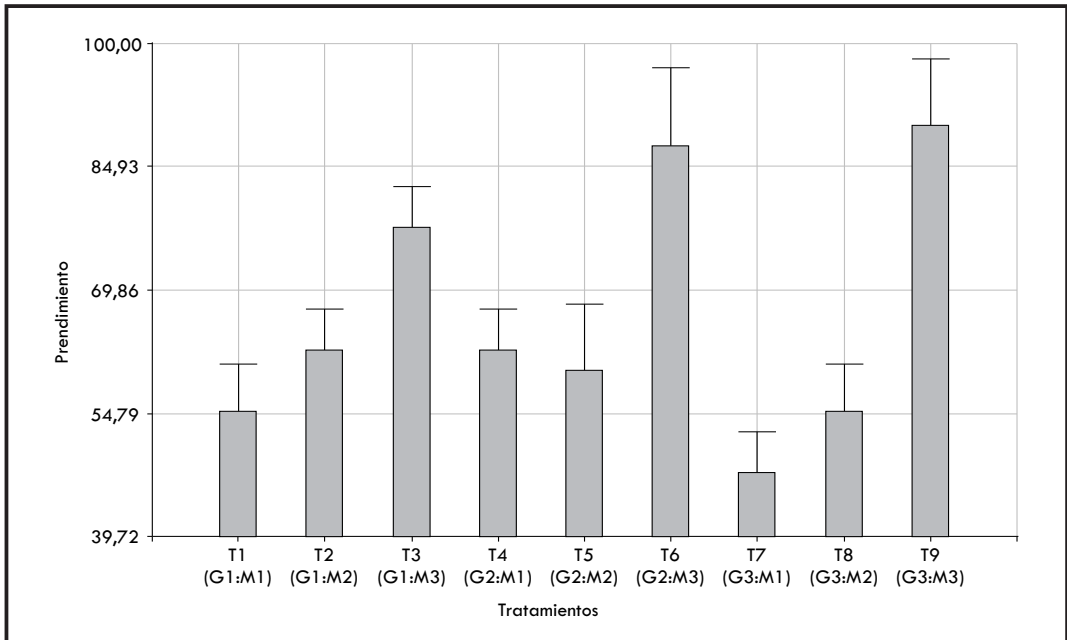


Figura 5. Porcentaje de prendimiento de los injertos obtenidos por cada tratamiento a los 105 días de sembrados.

tratamientos y su comportamiento en lo referente al **porcentaje de brotación de los injertos**, se presenta la figura 5.

En la figura 5 se observa que los tratamientos T9 (MD-17 x método de injerto por púa) y T6 (MD-15 x método de injerto por púa) destacaron debido a que presentaron mayores promedios en relación con el porcentaje de prendimiento de los injertos, siendo estos de 90,0 y 87,5% de brotes, respectivamente.

DISCUSIÓN

Las especies vegetales mediante la propagación vegetativa proporcionan la misma carga genética a su descendencia y esta muestra su máximo potencial cuando los factores externos, entre ellos: luz, temperatura, agua y sustrato al encontrarse en proporciones óptimas favorecieron la

expresión de los genes; y además, a través de este método de propagación se obtienen plantas que poseen los mismos genotipos que la planta madre, es decir todas las células de los acodos, estacas e injertos tienen la información genética suficiente para producir una planta adulta idéntica a la madre; esto lo sostienen Hartmann *et al.* (1998).

Mediante la propagación vegetativa, en las células de las estacas, acodos e injertos se produce la división celular mitótica que sucede durante el crecimiento y regeneración de las células. Además, que las células de los tejidos vegetales en proceso de desarrollo conservan su potencialidad de multiplicarse, diferenciarse y producir tallos y raíces similares al de la planta madre, y proporcionan la información genética necesaria para la perpetuación de la especie, capacidad de las células de volverse meristemáticas y desdiferenciarse; por lo

tanto, las células meristemáticas y consecuentemente los tejidos jóvenes presentan la capacidad de regeneración de tejidos nuevos; esta afirmación lo confirman Rojas *et al.* (2004) y Fachinello *et al.* (1994).

Las raíces de heridas (anillado realizado en la rama) desarrollan solo después que el acodo es realizado en la planta madre, esto es por efectos de las heridas que son provocadas por las mismas. Además, porque las ramas fueron de grosor considerable y alojaron entre sus células gran cantidad de reservas alimenticias como carbohidratos, los cuales se degradan para alimentar a las yemas que originaron brotes aéreos o raíces adventicias; lo confirma Davis (1989).

En lo referente a la **ubicación de la rama** para el acodo, observamos que la mejor ubicación es la **superior** sobre la **ubicación media** para las variables: número de brotes, longitud de brotes y número de hojas/brote. Estos resultados obedecen a que esta rama tiene un alto contenido de fotosintatos (productos orgánicos resultado de la fotosíntesis) los que intervienen proporcionando nutrientes a las yemas, para que a partir de ellas favorecer la formación de nuevas hojas y raíces. Además, fue necesaria la presencia de ciertas cantidades de nitrógeno, las que intervinieron en la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas; estas afirmaciones son sostenidas por Hartmann *et al.* (1998).

La juvenilidad fisiológica del árbol se da desde la copa hacia la base del árbol, por lo tanto las ramas más jóvenes serán las más apicales; esta propuesta hecha por Mesén (1998), siendo esto coincidente con lo afirmado por Hartmann *et al.* (1998), quienes señalan que la ubicación apical de las ramas por ser más jóvenes presentan mejores resultados en cuanto a los brotes y el enraizamiento, lo cual es explicable porque en el ápice existe mayor concentración de

fitohormonas promotoras del enraizamiento (auxinas) y el brotamiento. Además, las zonas apicales, por su juventud, presentan una mayor cantidad de células “totipotentes” capaces de volverse meristemáticas y que fácilmente emiten brotes y raíces.

En lo referente al **diámetro de la rama** encontramos superioridad estadística del **diámetro mediano (d_2)** sobre el **diámetro delgado (d_1)** para el número de hojas, longitud de brotes y número de hojas/brote. Estos resultados se sostienen en que diámetros mayores de las ramas acodadas son tejidos juveniles, con alto contenido de carbohidratos y fitohormonas que favorecen la emisión de brotes; además, fue favorecido por factores externos como la poca presencia de luz, el contenido adecuado de humedad del medio de cultivo y baja competencia de los acodos en las ramas. Estos factores facilitaron al proceso de desdiferenciación o rejuvenecimiento de las células del acodo, formando tejidos meristemáticos e impulsando a las yemas a la emisión de brotes aéreos, para la posterior formación del aparato fotosintético de los acodos (hojas).

En las estacas, primero se obtuvieron los brotes aéreos, luego se observó la emisión de raíces; este proceso produce competencia de las yemas en la misma estaca, tanto por las reservas de agua, como de nutrientes. La aparición inicial de los brotes aéreos (hojas) en las estacas, favoreció para la formación posterior de la raíz; estas hojas realizaron el proceso fotosintético en las estacas y trasladaron los productos de este proceso hacia las yemas apicales y basales de las estacas para el crecimiento de las raíces adventicias, según lo afirma Davis (1989).

La emisión de brotes aéreos y de raíces se produjo por la “polaridad” que tienen las células de las estacas, acodos e injertos, ubicadas en la parte superior y basal de ellas.

Además, el enraizamiento o la producción de brotes por las estacas dependió del estado nutricional de la estaca. Igualmente, por los nutrientes que alojó el sustrato y por el riego permanente aplicado a este, hizo que la capacidad de producir el sistema radicular fuera más eficiente; esto lo señala Gárate (2010).

Entre las promotoras del crecimiento de los vegetales, las auxinas son las que tienen mayor efecto sobre la formación de raíces y hojas, lo confirman Hartmann *et al.* (1998). Además, estos autores expresan que la presencia de hojas en las ramas de las plantas madres (cerca de los acodos formados en las ramas) influyó en la iniciación de la formación de las raíces; porque ocurre translocación de carbohidratos desde las hojas de la planta madre, contribuyendo a la formación de las raíces; esto también es el resultado de otros factores más directos como la luz, temperatura, agua, etc. Davis y Potter (1981), confirman que la fotosíntesis en las hojas cercanas al acodo tiene un efecto importante para la iniciación de la formación de raíces, ya que va a ayudar en el desarrollo y crecimiento más rápido de este órgano.

El sustrato utilizado para cubrir el "acodo" en las ramas, consistió en una mezcla de arcilla y arena; este medio de cultivo fue un factor preponderante para el éxito de la emisión de raíces de las estacas, porque alojó la suficiente humedad para facilitar la multiplicación celular o mitosis en zona de raíces en los acodos; también tuvo la suficiente porosidad para alojar la cantidad de agua y aire necesarias para los acodos; es decir, que este sustrato tuvo la adecuada provisión de nutrientes para los acodos aéreos, entonces fue un medio ideal para la propagación vegetativa por esta técnica.

El enraizamiento de los acodos aéreos tuvo su efecto porque se colocó (cubrió) con

un sustrato permanentemente húmedo, el mismo que promovió su enraizamiento; además, que la presencia de promotoras de crecimiento (auxinas, citocininas y giberilinas) de las estacas desencadenó la producción de raíces en las superficies de los acodos que estuvieron en contacto con el suelo; esto lo sostiene Davis (1989).

El proceso de regeneración de raíces ocurre porque las células vivas de los acodos comienzan a dividirse después de algunos días de sembradas, de colocado el sustrato y por la presencia de una capa de células parenquimatosas (callo) que forma una peridermis; es decir, que las células vecinas del cambium vascular y floema comienzan a dividirse e inician la formación de raíces adventicias en el acodo, lo sostienen Davis y Potter (1981). Además, las auxinas tienen su efecto preponderante en la formación de raíces de estos acodos aéreos.

Después de obtener o cortar las ramas acodadas, fue importante conservar el agua en ellas durante las horas de mayor insolación; por lo tanto, se conservó en ambientes húmedos y frescos para evitar la pérdida de humedad de las estacas producto del acodo; es decir, que fue necesario mantener un ambiente sombrío con ligera penetración de luz para favorecer el proceso de fotosíntesis en las hojas y en los acodos; esto lo reconocen Davis (1989) y Davis y Potter (1981).

La regeneración de raíces en las estacas sucede porque las células vivas comienzan a multiplicarse después de unos días de sembradas y colocadas en el sustrato; esto se inicia con la formación de una capa de células parenquimatosas que dan lugar a la formación de células del cambium vascular; el floema inicia su formación, por lo tanto hay la producción de nuevas raíces adventicias en las estacas, esto lo sostienen Davis y Potter (1981).

En lo referente al porcentaje de brotación del injerto, los mejores resultados se obtuvieron con los tratamientos 9, 6 y 3 (genotipos MD-17, MD-15 y MD-14 con el método de injerto por púa); estos resultados concuerdan con lo mencionado por Rojas *et al.* (2004), quienes indican que este método de injerto es simple y normalmente exitoso. El éxito del injerto se debe a que el material vegetal a injertar (púas), se encontró en el crecimiento activo, esto lo confirman Hartmann *et al.* (1998), quienes mencionan que las probabilidades de una unión exitosa son mayores si el trabajo se realiza cuando las plantas se encuentran en estado de crecimiento activo.

Cabe mencionar que estos tratamientos no difieren entre sí, pero son superiores estadísticamente a los demás tratamientos utilizados en el ensayo. Lo que obedece a una homogeneidad de características de los genotipos estudiados. Rojas *et al.* (2004), mencionan que la formación de órganos en la planta (brotes, hojas, flores y frutos) está controlada genéticamente. Asimismo, expresan que el genotipo afecta la concentración de las hormonas responsables del crecimiento, lo cual es importante cuando se realiza la propagación vegetativa de cualquier especie vegetal; también indican que una adecuada regulación hormonal propicia la formación de los brotes de los injertos.

Estos resultados también se fundamentan porque a través de la propagación vegetativa por injerto (de plantas con caracteres de valor) se puede proporcionar la misma información genética a su descendencia demostrando su máximo potencial, cuando los factores externos como luz, temperatura, agua y otros se encuentran en proporciones óptimas para favorecer la expresión de los genes (Fachinello *et al.*, 1994). Los genotipos utilizados en el presente experimento

mostraron su potencial genético mediante el proceso de división celular (mitosis) que ocurrió durante la injertación de las púas y astillas, lo cual favoreció la regeneración de las células del patrón y de la púa para realizar la unión y soldadura de los vasos conductores (xilema y floema); además las células de estos tejidos conservaron su potencialidad de multiplicarse y diferenciarse, produciendo tejidos similares a los procedentes de la planta madre, la cual aportó la información genética para continuar con el crecimiento y desarrollo del injerto a través de la capacidad de las células de volverse meristemáticas; por lo tanto, las células meristemáticas de estos tejidos jóvenes manifestaron la capacidad de regeneración para la formación de los tejidos nuevos (Rojas *et al.*, 2004).

El método del injerto por púa fue sobresaliente sobre los métodos de injerto por astilla simple y doble, no solo por presentar mayores promedios con respecto al porcentaje de brotación sino también por presentar menor tiempo (15 días de realizado el injerto) para la emisión de los brotes, en comparación con los otros métodos de injerto por astilla simple y doble, donde se emitieron brotes a los 75 días de realizado el injerto; la rápida brotación de los injertos tipo púa se debe a que las púas poseen mayor provisión de reservas nutritivas necesarias para nutrir y alimentar las zonas de soldadura del injerto, hasta que los tejidos se suelden y sean capaces de proveerse de alimentos por sí mismos.

En los injertos por astilla simple y doble se encontraron bajos ratios de brotación, lo cual se puede justificar por la rápida deshidratación y posterior muerte de los tejidos (yemas), lo cual dificultó el normal desarrollo de la formación de los nuevos tejidos encargados de la soldadura de ambos tejidos (callo).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Davis TD, Potter JR. 1981. Current photosyntate as a limiting factor in adventitious root formation in leafy pea cuttings. *Jour. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106: 278-82.
- Davis TD. 1989. Photosynthesis during adventitious rooting. In *Adventitious root formation in cuttings*, T. D. Davis, B. E. Haissig, and N. Sankhla, eds. Portland, Oreg.: Dioscorides Press.
- Doster N, Roque J, Brokamp G, Cano A, La Torre M, Weigend M. 2009. Factsheet: Datos botánicos del camu camu. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 10 pp.
- Enciso R. 1992. Propagación de camu camu (*Myrciaria dubia*) por injerto. Informe Técnico n.º 18. Programa de Investigación en Cultivos Tropicales. INIA. Lima. 17 pp.
- Fachinello J, Hoffmann A, Nachtigal J, Kersten E, De Luces G. 1994. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. Pelotas-RS, Editora Universitaria. 179 pp.
- Gárate DM. 2010. Técnicas de propagación por estacas. Trabajo monográfico para optar el título profesional de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. 189 pp.
- Hartmann A, Kester DE, Davies Jr RT, Geneve RL. 1998. Propagación de plantas. Principios y prácticas. 7. Ed. New Jersey: Prentice Hall. 880 pp.
- Imán CS, Melchor AM. 2007. Tecnología para la producción del camu camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh. SUDIRGEB-INIA. Serie Manual n.º 7. Lima, Perú. 50 pp.
- Mesén F. 1998. Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: Uso de propagadores de subirrigación. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Proyecto de Semillas Forestales (PROSEFOR). Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico n.º 30. P. 35.
- Pinedo PM. 2001. Sistemas de producción del camu camu en restinga. IIAP, Perú.
- Pinedo M, Delgado C, Farroñay R, Del Castillo D, Imán S, Villacrés J, Fachín L, Oliva C, Abanto C, Bardales R, Vega R. 2010. Camu camu (*Myrciaria dubia*, Myrtaceae). Aportes para su aprovechamiento sostenible en la Amazonía peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Lima, Perú. 135 pp.
- Rojas S, García J, Alarcón M. 2004. Propagación asexual de plantas. Conceptos básicos y experiencias con especies amazónicas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Editorial Produmedios. Caquetá, Colombia. 55 pp.