

## SELECCIÓN TEMPRANA DE PLANTAS DE (*Myrciaria dubia* H.B.K Mc Vaugh) CAMU-CAMU, EN UN ENSAYO DE PROGENIES DE POLINIZACION ABIERTA

Mario PINEDO-PANDURO<sup>1</sup>, Elvis PAREDES-DAVILA<sup>1</sup>, Carlos ABANTO-RODRIGUEZ<sup>1</sup>, Ricardo BARDALES-LOZANO<sup>2</sup>, Edvan ALVES-CHAGAS<sup>2</sup>

- 1 Investigadores del Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP), Avda. A. Quiñones, km 2.5 Iquitos-Peru mpinedo@iiap.org.pe elvis\_eparedes@iiap.org.pe carforestal24@gmail.com
- 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), Roraima-Rodovia BR-174, Km 8 Distrito Industrial Boa Vista, RR – Brasil – CEP 69301-970 rbardaleslozano@yahoo.es edvan.chagas@embrapa.br

### RESUMEN

El IIAP, en alianza con el INIA, viene desarrollando un plan de mejoramiento y producción de semilla mejorada del camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K Mc Vaugh). Se están evaluando colecciones básicas y pruebas genéticas, con el fin de seleccionar las plantas superiores de acuerdo a caracteres prioritarios como: *precocidad, peso de fruto y contenido de ácido ascórbico*. En el 2007 se llevó a cabo el ensayo de 108 progenies precoces, bajo un diseño de bloque completo aleatorizado, con 4 repeticiones y 3 plantas medias hermanas por unidad experimental. Por su precocidad y rendimiento de fruta, en un análisis acumulativo de largo plazo (2007-2012), se vienen seleccionando las plantas a nivel de progenies e individuos. En el 2013 se realizaron pruebas de heredabilidad en el sentido estricto, haciendo uso del software genético SELEGEM REML-BLUP, además se ha realizado el análisis de varianza (Inter-Intra-grupos, ONEWAY-SPSS), para los caracteres *número de fruto/planta, porcentaje de frutos atacados, peso promedio de fruto y rendimiento de fruto*. Según el peso de fruto se han seleccionado las plantas: 42-2, 117-1, 89-5, 112-7, 222-3, 21-12, 19-9, 114-11, 206-3 y 222-2. Para *rendimiento de fruta* se seleccionaron: 98-1, 206-6, 98-12, 229-3, 44-12, 249-3, 244-5, 10-12, 211-12, 71-1 y 222-1. Por su tolerancia al ataque de *Conotrachelus dubiae* fueron seleccionadas las plantas 51-2, 164-3, 220-10, 10-12, 98-1, 191-2, 229-3, 85-11, 222-1 y 249-3. Han sido seleccionadas 28 plantas pertenecientes a 25 progenies, destacando, por *rendimiento de fruta y tolerancia al gorgojo del fruto*, las plantas 10-12, 98-1, 222-1, 229-3 y 249-3.

**PALABRAS CLAVE:** *Myrciaria dubia*. Mejoramiento genético. Precocidad. IIAP

## EARLY SELECTION OF CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia* HBK Mc Vaugh) PLANTS, IN A OPEN POLLINATED PROGENIES TEST

### ABSTRACT

The Research Institute of the Peruvian Amazon-IIAP, in partnership with the National Institute of Agrarian Innovation, is developing a improvement and seed production of camu-camu program. They are evaluating various core collections and genetic testing, in order to select the superior plants according to priority characters as earliness, fruit weight and ascorbic acid content. In 2007 the 108 early progeny test was installed under a randomized complete block design with 4 replications and 3 half sisters plants, per experimental unit. For his precocity and fruit yield, in a cumulative analysis of long-term (2007-2012) will come at selecting progeny plants and individuals. In 2013, heritability tests in the narrow sense were performed, using genetic selection software REML-BLUP SELEGEM. Also has made the analysis of variance (Inter-Intra-groups ONEWAY-SPSS) for characters "number of fruit / plant," percentage of attacked fruits, average fruit weight and fruit yield. "The selection presented is the result of a dynamic analysis in three harvests. Depending on the weight of fruit plants have been selected: 42-2, 117-1, 89-5, 112-7, 222-3, 21-12, 19-9, 114-11, 206-3 and 222-2. For fruit yield are selected: 98-1, 206-6, 98-12, 229-3, 44-12, 249-3, 244-5, 10-12, 211-12, 71-1 and 222-1. For attack tolerance *Conotrachelus dubiae* (weevil fruit) plants were selected: 51-2, 164-3, 220-10, 10-12, 98-1, 191-2, 229-3, 85-11, 222-1 and 249-3. In short get selected 28 plants belonging to 25 progenies, among which stand out for fruit yield and tolerance to weevil fruit plants: 10-12, 98-1, 222-1, 229-3 and 249-3.

**KEYWORDS:** *Myrciaria dubia*. Genetic improvement. Precocity. IIAP

## INTRODUCCIÓN

El año 2007, en el Centro Experimental San Miguel CESM-IIAP, se realizó un estudio comparativo de 108 progenies precoces, procedentes de las parcelas de colecciones básicas instaladas a partir del año 2001. La evaluación de este comparativo se realizó entre los años 2007 y 2012, con el objetivo de identificar progenies e individuos superiores principalmente por su *precocidad* y otros rasgos complementarios, como *numero de frutos/planta*, *peso promedio/fruto* y *tolerancia al gorgojo del fruto (Conotrachelus dubiae)*.

Entre los años 2002 y 2011, se efectuaron análisis de correlación y heredabilidad en las colecciones básicas, comparativos de clones y de progenies existentes en el INIA, IIAP e INPA. La longitud de peciolo (LP), presenta una heredabilidad media (en el sentido amplio) de  $h^2g = 0.42$  e índices de correlación de  $r^2 = 0.37$  con rendimiento de fruta y  $r^2 = 0.54$  con peso de fruta. El Número de Ramas Basales (NRB) también muestra niveles de heredabilidad media (en el sentido estricto):  $h^2a = 0.45$  y  $h^2g = 0.33$  en el sentido amplio. NRB, a su vez, correlaciona significativamente con rendimiento de fruta (RF) ( $r^2 = 0.43$ ), peso de fruta (PF) ( $r^2 = 0.38$ ) y con ácido ascórbico (AA) ( $r^2 = 0.30$ ). Los valores de pH y sólidos solubles (grados Brix) de la pulpa, presentaron una correlación alta con AA ( $r^2 = 0.85$  y  $r^2 = 0.94$ , respectivamente). A la luz de la información de correlación y heredabilidad, subrayamos que los parámetros número de ramas basales, longitud de peciolo y peso de frutos, además de presentar una correlación relativamente alta con rendimiento de fruta, tienen también un nivel intermedio de heredabilidad, lo que las cataloga como herramientas de importancia para la selección de plantas superiores de camu-camu. (Pinedo, 2013).

Por su precocidad y rendimiento de fruta, en un análisis acumulativo del periodo 2007-2011, fueron seleccionadas preliminarmente las plantas: 21-12 (CESM), 222-1 (Napo/Yuracyacu), 26-1 (CESM), 210-11 (Napo/Nuñez), 114-8 (Itaya/Pelejo) y 211-12 (Curaray/Tostado) con un rendimiento entre 429 y 564 g/planta a los 4 años de edad. En cuanto al peso promedio de fruto, resultaron seleccionados los siguientes individuos: 230-7 (Tigre/Tipishca), 27-10 (CESM) y 206-6 (Tigre/Tipishca) con peso promedio de fruto de 12,5 a 12,8 g. Se concluyó que la selección temprana, mediante parámetros vegetativos (2007-2009) fue válida para las progenies 21, 211 y 222. Esta evaluación fue practicada en la parcela motivo del presente artículo. (Pinedo y Paredes, 2011)

Cavalcanti y Resende (2010), practicaron una selección precoz intensiva en el mejoramiento del casho con una densidad de plantación cuatro veces mayor que la tradicional y una selección precoz para caracteres de alta heredabilidad (peso de almendra, resistencia a enfermedades) en los dos primeros años de edad de las plantas. Para una conclusión del proceso selectivo, en función de los caracteres de baja heredabilidad (rendimiento por ejemplo), que requieren de un mayor periodo de evaluación, la selección continúa hasta cuatro años. En la estimativa de los parámetros genéticos, para el carácter *peso de fruto* existe una alta heredabilidad ( $h^2_a$ ) y alta correlación genética entre el estado juvenil y adulto. Por lo tanto, es un carácter apropiado para una selección precoz intensiva (SPI). El carácter producción de castaña/planta presenta baja heredabilidad y correlación juvenil-adulto, indicando que la selección, para este atributo, debe ser efectuada en la fase de selección final. Esta metodología presenta gran potencial para ser aplicada en programas de mejoramiento de otras especies perennes.

Alves y Resende (2008), al evaluar individuos y progenies de copoazú en el estado de Para, encontraron que todos los caracteres presentaron considerable variabilidad genética, lo que revela excelentes posibilidades para una selección y mejoramiento de esta especie. Cosechas de frutos por cinco zafras, son suficientes para la evaluación de una matriz, pues la ganancia en eficiencia, cuando se consideran más zafras, son prácticamente despreciables. Fueron identificadas progenies superiores, simultáneamente para producción de frutos y resistencia a “escoba de bruja”. Se verificaron ganancias genéticas bastante superiores cuando se hizo propagación clonal de los mejores individuos en relación a la propagación sexual. Esto revela un gran potencial para el clonaje comercial de esta especie. Para los caracteres de ocurrencia de “escoba de bruja” en inflorescencia y en frutos se verificaron altas heredabilidades individuales en el sentido restringido con valores entre 30 y 54%. Esto revela un excelente potencial de la selección recurrente para mejorar gradualmente el nivel de resistencia.

En trabajos de mejoramiento de café por el procedimiento REML/BLUP, Resende (2001), encontró una baja heredabilidad entre los cultivares para los caracteres *altura de planta*, *diámetro de tallo* y *número de ramas plagiotropicas*, evaluados a los 26 meses en Selviria. Tres cultivares presentaron valores genotípicos para diámetro de tallo superiores a la media general. La precisión en la evaluación de los caracteres genotípicos de los cultivares para el

carácter diámetro de tallo fue en media de 76%. Un diseño con dos plantas por parcela y 20 repeticiones podría elevar a 90% la precisión selectiva para el carácter diámetro de tallo. El método de modelos mixtos (REML/BLUP) se mostró adecuado para la estimación de parámetros genéticos y predicción de valores genotípicos en el mejoramiento del café, pudiendo ser empleados rutinariamente.

La evaluación de progenies de medios hermanos es una actividad común en programas de selección recurrente inter poblacional en especies perennes. En este caso, las unidades de recombinación son individuos y no familias enteras, tal como ocurre en el mejoramiento de cultivos anuales. En especies perennes los propios individuos evaluados son recombinados, pudiéndose también incluir en la recombinación algunos genitores. De esta forma, los modelos de análisis deben ser a nivel de individuo y no a nivel de medias de familias. Este tipo de análisis (nivel de medias) presenta deficiencias, pues no lidia con el desbalanceamiento de datos, algo que siempre ocurre en experimentación de campo y no utiliza todos los efectos de los modelos estadísticos establecidos en nivel de individuo. Sobre desbalanceamiento no utiliza adecuadamente el parentesco genético entre los individuos en evaluación, no considera a los propios individuos evaluados para ser recombinados y que no sean hermanos. El método óptimo de selección y el BLUP individual, el cual utiliza todos los efectos del modelo estadístico, contempla el desbalanceamiento, utiliza el parentesco genético entre los individuos en evaluación, considera la coincidencia entre unidades de selección y unidades de recombinación (Resende, 2007)

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Etapas de evaluación

La parcela evaluada fue instalada con alta densidad, con distanciamiento de 1,5 x 1 m (3 veces más denso que las plantaciones comerciales). En la primera etapa pre-productiva (2007, 2008 y 2009) se evaluaron descriptores vegetativos relacionados con el crecimiento de las plantas (Diámetro basal, Altura de planta, Numero de ramas basales y Numero de ramas terminales). En los años de producción de fruta se evaluó el rendimiento (2010, 2011 y 2012). La elaboración de tablas de méritos se efectuó tanto de forma aritmética (visual comparativa) como de forma estadística (Programa Selegen). Se hicieron comparaciones entre selecciones por variables vegetativas versus productivas, de selecciones aritméticas versus estadísticas así como de selecciones anuales como acumulativas (de tres años) mediante pruebas de

repetitividad (Selegen), con el arribo a conclusiones generales y definitivas respecto a la selección de progenies y plantas individuales superiores.

### Diseño y modelo estadístico

La prueba genética de 108 progenies precoces fue instalada el 21 de Junio del año 2007, en el Centro Experimental San Miguel (CESM)-IIAP, Río Amazonas, bajo diseño de Bloque completo al Azar, con 4 repeticiones, representando cada progenie a una parcela con 3 plantas por parcela y en una sola localidad. Se evaluaron las variables *número de fruto, peso promedio de fruto y rendimiento de fruto*, en 108 Progenies, en 3 años de evaluación (3<sup>er</sup>, 4<sup>o</sup> y 5<sup>o</sup> año de plantación), representando cada año una medición por cada progenie.

### Análisis de repetitividad

Para la selección dinámica de plantas o progenies superiores, mediante un análisis multi-anual, se aplicó el modelo 63: Modelo básico de repetitividad sin delineamiento (SELEGEN, Resende, 2007). Este modelo puede ser aplicado cuando se cuenta con datos repetidos (por ejemplo de varios años como es el caso) en plantas individuales con o sin uso de diseños experimentales. También puede ser usado cuando se trabaja con medias de genotipos evaluados en experimentos. El modelo estadístico responde a la expresión:  $y = X\mathbf{m} + W\mathbf{p} + \mathbf{e}$  donde:  $y$  = vector de cada uno de los datos  $\mathbf{m}$  = vector de los efectos de medición (asumidos como fijos) sumados a la media general  $\mathbf{p}$  = vector de los efectos permanente (efectos genotípicos + efectos ambientales) asumidos como aleatorios y  $\mathbf{e}$  = vector de los errores o residuos (aleatorios).

Las letras mayúsculas representan las matrices de incidencia para los referidos efectos.

Los resultados obtenidos serán expresados en: a) componentes de variancia, b) eficiencia de uso del número de medidas y c) los valores genotípicos con la selección de individuos o de progenies.

Los componentes de variancia son:  $V_{fp}$  = Variancia fenotípica permanente entre plantas (genotípica + ambiental permanente de una cosecha para otra)  $V_{et}$  = Variancia de ambiente temporal  $V_f$  = Variancia fenotípica individual  $\mathbf{r} = \mathbf{h}^2$ : repetitividad individual  $\mathbf{rm}$ : repetitividad de la media de m cosechas o medidas repetidas y  $\mathbf{Acm}$ : precisión de la selección basada en la media de m cosechas o medidas repetidas.

La eficiencia del uso de m medidas (evaluaciones anuales, que en este caso son tres) será dada por tres parámetros: determinación

(coeficiente), precisión (obtenida con m medidas repetidas) y eficiencia (de m medidas en comparación con solo una). La precisión en el rango de 0,10 a 0,39 es considerada baja, los valores de 0,45 a 0,63 son considerados valores medios o moderados y son altos los valores mayores a 0,71 (Resende, 2002).

La selección de individuos se sustenta en el valor de  $fp$  = efecto fenotípico permanente y  $u+fp$  = valor fenotípico permanente, la ganancia genética y la nueva media como fundamento para la selección en orden de mérito decreciente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se presentan los resultados de la evaluación de variables vegetativas (Diámetro basal del tallo, Altura de planta, Numero de ramas basales y Numero de ramas terminales) efectuadas durante los años 2007, 2008 y 2009. En el año 2009, destacaron por parámetros vegetativos las progenies 222 y 21 (Pinedo y Paredes, 2011). A partir del año 2010, luego de tres años de la instalación del ensayo, se evaluó la productividad de fruta durante tres años. Uno de los objetivos de este estudio, fue analizar la posibilidad de predicción temprana del rendimiento de fruta sobre la base de mediciones biométricas en años previos a las cosechas, principalmente al segundo año de la plantación. A este respecto, la progenie 222 mostró una consistente relación entre los parámetros vegetativos con el rendimiento de fruta. En cambio, la progenie 21 no mostró continuidad en superioridad de su productividad en los años sucesivos y mucho menos las demás progenies. La progenie 222 y especialmente la planta 222-1 se mostró confiable para una selección como progenie-planta superior precoz. Se profundiza a continuación el análisis con la ayuda de modelos estadísticos para evaluar el comportamiento de las progenies y matrices tanto por año como acumulativamente durante varios años de evaluación.

Es importante resaltar que el Número de Ramas Basales (NRB) mostró niveles de heredabilidad media (en el sentido estricto):  $h^2a=0,45$  y  $h^2g=0,33$  en el sentido amplio y que esta variable correlaciona significativamente con el rendimiento de fruta (RF) ( $r^2=0,43$ ), peso de fruta (PF) ( $r^2=0,38$ ) y con ácido ascórbico (AA) (Pinedo, 2013).

Fueron previamente seleccionados (sin análisis de repetitividad) por peso de fruto las plantas 230-7, 27-10 y 206-6 (Pinedo y Paredes, 2011) de las cuales, en el presente estudio, mediante análisis de repetitividad (REML-BLUP), la única que aparece entre las 10 mejores progenies es la 206-3. Estos

resultados llaman la atención respecto a la diferencia marcada en los resultados de comparación directa versus análisis de repetitividad, para el caso de “peso de fruto”

Se practicó un análisis de varianza para 108 progenies y para cinco descriptores (número de frutos verdes, numero de frutos atacados, porcentaje de frutos atacados, peso promedio de frutos y rendimiento de frutos). Los datos corresponden al quinto año de edad y tercera cosecha. Para las cinco variables se encontró una diferencia altamente significativa ( $p=0,000$ ), con valores de F entre 1,99 y 2,62. También se calculó para las cinco variables el índice de heredabilidad ( $h^2a$ ), resultando valores en un rango de 0,122 y 0,255 calificados en general como bajos. (Cuadro 5). Índices que contrastan con los de parámetros vegetativos efectuados con un año de anticipación donde *diámetro de copa* y *numero de ramas basales* resultaron con heredabilidad significativamente alta ( $h^2=0,30^*$  y  $h^2=0,45$  respectivamente) (Pinedo y Paredes, 2011). Sin embargo, en trabajos de mejoramiento de café por el procedimiento REML/BLUP, Resende (2001), encontró una baja heredabilidad entre los cultivares para los caracteres vegetativos: “altura de planta”, “diámetro de tallo” y “numero de ramas plagiotropicas”.

Se practicó el análisis de varianza para 50 mejores de 108 progenies con los cinco descriptores (número de frutos verdes, numero de frutos atacados, porcentaje de frutos atacados, peso promedio de frutos y rendimiento de frutos). Los datos corresponden al quinto año de edad y tercera cosecha. Para las variable *peso promedio de fruto* se encontró una diferencia significativa ( $p=0,015$ ), con valor de  $F=1,52$ . Para la variable *porcentaje de frutos atacados* fue más notoria la diferencia entre las 50 progenies con  $p=0,000$  y  $F=1,93$ . Para las variables *número de frutos verdes* y *rendimiento de frutos* no hubo diferencia significativa con valores de  $p=0,845$  y  $p=0,912$  respectivamente.

Oliva y Resende (2008), en su análisis de repetitibilidad para productividad de cinco cosechas encontró moderada magnitud (0,41); la repetitibilidad del promedio de 5 cosechas de fruta fue de 0,77, propiciando exactitud selectiva de 0,88. Según estos autores es necesario de cinco a seis cosechas para seleccionar con precisión genotipos superiores, donde la selección y clonación de los diez mejores individuos deberá propiciar una ganancia genética del 237,5 %, elevando la productividad media anual de frutas por planta de 7,75 a 26,17 kg/año. Si comparamos el tercer año vemos que en este caso las plantas tenían una edad entre 10 y 14 años, versus tres a cinco años del presente estudio, lo que podría

explicar la diferencia entre los índices de repetitividad de los dos grupos estudiados. Para el caso de plantas de 10 años, en tres años de evaluación se alcanza un valor de 0,67 de repetitividad, versus 0,15 en las plantas jóvenes. Sin embargo, nótese que la eficiencia de mediciones fue mayor en las plantas jóvenes (1,64 vs 1,28), probablemente debido a la mayor estabilidad en la expresión productiva de las plantas adultas. Al respecto, Cavalcanti y Resende (2010), mencionan que en la estimativa de los parámetros genéticos, para el carácter *peso de fruto* existe una alta

heredabilidad ( $h^2_a$ ) y alta correlación genética entre el estado juvenil y adulto. Esta correlación brinda la ventaja de predicción confiable en la selección de plantas superiores.

Se destaca que la evaluación y selección practicada con alta densidad de plantación permite minimizar los costos de mantenimiento y una selección precoz intensiva, similar a la practicada para el caso de “casho”, con una densidad 4 veces mayor que la tradicional (Cavalcanti y Resende, 2010).

**Cuadro 1.** Selección temprana mediante variables vegetativas (\*) de plantas individuales y progenies en comparativo de 108 progenies

<b>2007 Individuos (**)</b>	<b>2008 Progenies (**)</b>	<b>2009 Progenies (**)</b>
56-1	68	222
25-5	1	221
56-3	76	1
74-10	37	21
74-6	52	10
17-3	211	54
63-3	8	22
35-9	34	219
30-2	75	36
69-2	240	44

\* : Selecciones según cuatro descriptores vegetativos (Diámetro basal, Altura de planta, Numero de ramas basales y Numero de ramas terminales) \*\* : Selecciones visuales por orden de merito

**Cuadro 2.** Selección por “peso de fruto”

<b>2011 Individuos</b>	<b>2012 Progenies</b>	<b>2012 Individuos</b>	<b>Repetitiv(*) (REML-BLUP)</b>
206-6	112	89-5	<b>42-2</b>
27-10	226	112-7	<b>117-1</b>
230-7	114	19-9	<b>89-5</b>
86-1	102	114-11	<b>112-7</b>
222-3	247	249-3	<b>222-3</b>
206-7	212	99-5	<b>21-12</b>
52-2	165	220-1	<b>19-9</b>
98-5	98	219-7	<b>114-11</b>
21-12	219	229-2	<b>206-3</b>
21-6	44	161-1	<b>222-2</b>

(\*)Selección de individuos mediante Selegen (REML-BLUP)

**Cuadro 3.** Eficiencia de m medidas para peso promedio de frutos

m	Determinación	Precisión	Eficiencia
1	0,083834	0,289541	1,000000
2	0,154699	0,393318	1,358418
3	0,215389	0,464100	1,602879
4	0,267947	0,517636	1,787780
5	0,313907	0,560274	1,935038
6	0,354436	0,595345	2,056166
7	0,390444	0,624855	2,158086
8	0,422648	0,650114	2,245321
9	0,451619	0,672026	2,321001
10	0,477822	0,691247	2,387384

**Cuadro 4.** Selección individual y componentes de media (BLUP Individual) para peso promedio de fruto a la tercera cosecha

Progenie	Bloque	Planta	Orden	Indiv	fp	u + fp	Ganancia	Nueva Media
42	1	2	1	158	0,5768	8,4923	0,5768	8,4923
117	1	1	2	295	0,4794	8,3949	0,5281	8,4436
89	2	5	3	644	0,4332	8,3486	0,4965	8,4120
112	3	7	4	796	0,4047	8,3201	0,4735	8,3890
222	1	3	5	261	0,3398	8,2552	0,4468	8,3622
21	4	12	6	1062	0,3359	8,2514	0,4283	8,3438
19	3	9	7	780	0,3258	8,2413	0,4137	8,3291
114	4	11	8	1190	0,3149	8,2304	0,4013	8,3168
206	2	3	9	450	0,3083	8,2238	0,3910	8,3065
222	2	5	10	584	0,3007	8,2162	0,3820	8,2974

**Cuadro 5.** Análisis de varianza e índice de heredabilidad ( $h^2a$ ) para 108 progenies al tercer año de la cosecha (5 años de la plantación)

Variable	G.L.	Cuadrado Medio	F	Significancia	Heredabilidad
Numero de frutos verdes	107	51160	2,38	0,0000	0,187±0,0681
Numero de frutos atacados	107	6312	2,62	0,0000	0,255±0,0794
Porcentaje de frutos atacados	107	0.154	2,03	0,0000	0,122±0,0549
Peso Promedio de frutos	107	31652	2,14	0,0000	0,152±0,0614
Rendimiento de frutos	107	978147	1,99	0,0000	0,179±0,0666

**Cuadro 6.** Análisis de varianza e índice de heredabilidad ( $h^2a$ ) para 50 de las 108 progenies al tercer año de la cosecha (5 años de la plantación)

Variable	G.L.	Cuadrado Medio	F	Significancia	Heredabilidad
Numero de frutos verdes	49	8763,05	0,79	0,845	0,1877±0,0681
Peso Promedio de frutos	49	18,33	1,52	0,015	0,1525±0,0614
Rendimiento de frutos	49	599357,11	0,73	0,912	0,1798±0,0666
Porcentaje de frutos atacados	49	543698	1,93	0,0000	0,0078±0,0709

**Cuadro 7.** Selección de individuos y progenies según tolerancia a *Conotrachelus dubiae* (Gorgojo del fruto), año 2012

Porcentaje de frutos atacados	
Individuos (%)*	Progenies
51-2 (0%)	51
164-3 (1.89%)	164
220-10 (2.17%)	98
10-12 (2.27%)	220
98-1 (2.44%)	191
191-2(4.78%)	229
229-3 (5%)	10
85-11(6.03%)	68
222-1(6.62%)	196
249-3(11.43%)	110

**Cuadro 8.** Selección de trece individuos superiores (de un total de 1296) según rendimiento de fruta

2010 (**)	2011 (**)	2012 (**)	Repetitividad REML-BLUP (***)
37-3	211-12	98-1	<b>98-1</b>
191-2	114-8	206-6	<b>206-6</b>
223-3	210-11	98-12	<b>98-12</b>
22-4	26-1	244-5	<b>229-3</b>
68-9	222-1	10-12	<b>44-12</b>
222-1	21-12	229-3	<b>249-3</b>
223-2	206-7	249-3	<b>244-5</b>
85-10	51-2	222-1	<b>10-12</b>
50-7	206-6	220-1	<b>211-12</b>
224-12	249-1	44-12	<b>71-3</b>
108-2	220-12	85-11	<b>85-11</b>
32-10	250-6	71-3	<b>37-3</b>
10-12	241-1	22-1	<b>222-1</b>

**Cuadro 9.** Eficiencia del uso de tres cosechas con evaluación del rendimiento de fruta en 108 progenies

M	Repetibilidad o Determinación	Precisión	Eficiencia
1	0.057772	0.240358	1.000000
2	0.109233	0.330504	1.375052
3	0.155364	0.394163	1.639900
4	0.196952	0.443793	1.846386
5	0.234637	0.484394	2.015304
6	0.268944	0.518598	2.157610
7	0.300307	0.548003	2.279947
8	0.329090	0.573663	2.386707
9	0.355598	0.596320	2.480971
10	0.380091	0.616515	2.564991

**Cuadro 10.** Selección de 13 plantas individuales y componentes de media (BLUP Individual) mediante análisis de repetitividad en tres años para rendimiento de fruta en 108 progenies

Progenie	Bloque	Planta	Individuo	Valor genotípico kg/año	Ganancia Genética kg/año	Ganancia Genética %	Nueva Media
98	1	1	34	333,9094	626,6005	333,9094	626,6005
206	2	6	450	273,7048	566,3959	303,8071	596,4982
98	4	12	1008	201,174	493,8650	269,5961	562,2871
229	1	3	162	200,8128	493,5038	252,4003	545,0913
44	4	12	1080	182,5827	475,2737	238,4367	531,1278
249	1	3	255	177,8301	470,5211	228,3356	521,0267
244	2	5	539	173,7835	466,4745	220,5425	513,2335
10	4	12	1164	171,9256	464,6167	214,4654	507,1564
211	4	12	1158	167,2297	459,9207	209,217	501,908
71	1	3	291	166,7938	459,4848	204,9746	497,6657
85	4	11	1205	165,6676	458,3586	201,4013	494,0923
37	1	3	207	165,3001	457,9912	198,3928	491,0839
222	1	1	259	155,7491	448,4401	195,1126	487,8036

**Cuadro 11.** Procedencia de plantas superiores seleccionadas por rendimiento de fruta luego de tres cosechas consecutivas 2010-2012 (Selegen REML-BLUP)

Código de Colección	Rio	Cocha	Coordenada pl. madre	Código de campo
Cu0121	Curaray	Urco	17-5	98-1
TH0808	Tigre	Huacamayo	07-5	206-6
CU0121	Curaray	Urco	17-5	98-12
IP0376	Itaya	Pelejo	21-32	229-3
9.6-CESM	n.d.	n.d.	27-16	44-12
CC0111	Curaray	Chavarrea	29-21	249-3
NN0522	Napo	Núñez	18-30	244-5
9.1-CESM	n.d.	n.d.	01-43	10-12
Ct0605	Curaray	Tostado	2-10	211-12
9.6-CESM	n.d.	n.d.	27-16	71-3
Pc0714	Putumayo	Coto	29-1	85-11
9.5-CESM	n.d.	n.d.	15-09	37-3
NY0530	Napo	Yuracyacu	12-15	222-1

## CONCLUSIONES

La progenies ensayadas, consideradas precoces, iniciaron la cosecha a partir de 38 meses de la plantación. El 40% de las progenies seleccionadas por parámetros vegetativos, mostraron también alta productividad y peso de fruto, estas son: 10, 21, 44 y 222. Destacó la planta 222-1 por su congruencia entre variables vegetativas y productivas. Las variables vegetativas mostraron mayor tendencia a presentar niveles significativos de heredabilidad que las variables productivas. Según el análisis de repetitividad, las plantas 42-2, 117-1, 89-5, 112-7 y 222-3 ocupan los primeros lugares por *peso de fruto*, con una precisión de 46,41 y eficiencia de 1,6. Las variables relacionadas con *rendimiento de fruta* mostraron alto índice de variabilidad con alta significación entre las 108 progenies. La heredabilidad de dichos caracteres no paso de  $h^2=0,25$ . En cuanto a tolerancia al gorgojo del fruto, las plantas 51-2, 164-3, 220-10, 10-12 y 98-1 resultaron con menos de 2,44% de sus frutos atacados por la plaga. Para el rendimiento de fruta, las plantas 98-1, 206-6, 98-12, 229-3 y 44-12 ocuparon los primeros lugares según el análisis de repetitividad al tercer año. con una precisión de 0,39 y eficiencia de 1,63. Las principales procedencias de las plantas superiores seleccionadas corresponden a los ríos Curaray (cochas Urco y Chavarrea) y Napo (cochas Nuñez y Yuracyacu).

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- Alves, R.M.; Resende, M.D.V. 2008. Avaliação genética de indivíduos e progenies de cupuaçuzeiro no estado do Pará e estimativas de parâmetros genéticos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(3): 696-701. doi: 10.1590/S0100-29452008000300023
- Cavalcanti, J.J.V.; Resende, M.D.V. 2010. Selecao precoce intensiva: uma nova estratégia para o programa de melhoramento genético do cajueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32 (4): 1279-1284. doi:10.1590/S0100-29452010000400043
- Oliva, C.C.; Resende, M. D. V. 2008. Mejoramiento genético y taza de autofecundación del Camu camu arbustivo en la Amazonia peruana. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30 (2): 450-454. doi:10.1590/S0100-29452008000200031
- Pinedo, P.M. 2013. Correlation and heritability analysis in breeding of camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh]. *African Journal of Plant Science*, 7 (2): 61-66. doi: 10.5897/AJPS12.023
- Pinedo, P.M.; Paredes, D.E. 2011. Evaluación preliminar de 108 progenies precoces de camu-camu *Myrciaria dubia* (Myrtaceae) en Loreto, Perú. *Folia Amazónica*, 20 (1-2): 77-82.
- Resende, M.D.V. 2007. SELEGEN-REML/BLUP - Sistema Estatístico e Selecao Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Embrapa Florestas. 359pp.
- Resende, M.D.V. 2001. Estimativas de parâmetros genéticos e predicao de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. *Bragantia*, 60(3): 185-193. doi: 10.1590/S0006-87052001000300005
- Resende, M.D.V. 2009. Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Embrapa Florestas. 975 pp.

Recibido: 13/01/2014

Aceptado para publicación: 02/04/2014