

Artículo original

Análisis de repetibilidad en una colección *ex situ* de camu-camu [*Myrciaria dubia* Kunh (McVaugh)] de la Amazonía peruana

[Repeatability analysis in an *ex situ* collection of camu-camu [*Myrciaria dubia* Kunh (McVaugh)] from the Peruvian Amazon]

Mario Pinedo-Panduro^{*1}, Edvan Alves-Chagas², Elvis Paredes-Davila¹, Carlos Abanto-Rodriguez¹, Ricardo Bardales-Lozano¹, Pollyana Cardoso-Chagas³, Valdinar Ferreira-Melo³, Herman Collazos Saldaña⁴

1. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Av. Abelardo Quiñones km 2,5, San Juan Bautista, Maynas, Loreto (Peru). Correos electrónicos: mpinedo@iiap.gob.pe (M. Pinedo-Panduro * Autor para correspondencia), eparedes@iiap.gob.pe (E. Paredes-Davila), cabanto@iiap.gob.pe (C. Abanto-Rodriguez), rbardaleslozano@gmail.com (R. Bardales-Lozano).
2. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Rodovia BR 174, km 8, Distrito Industrial, Boa Vista, Roraima (Brasil). Correo electrónico: edvan.chagas@embrapa.br (E. Alves-Chagas).
3. Universidade Federal de Roraima (UFRR). Postgraduate Program in Agronomy POSAGRO, Boa Vista (Brazil). Correos electrónicos: pollyana.chagas@ufr.br (P. Cardoso-Chagas), valdinar@yahoo.com.br (V. Ferreira-Melo).
4. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía (UNIA). Carretera a San José km 0,63, Pucallpa (Perú). Correo electrónico: herman.collazos@gmail.com (H. Collazos).

Resumen

El objetivo de este estudio fue seleccionar genotipos de camu-camu en una colección *ex situ* establecida en un área inundable de la cuenca del río Amazonas (Perú), el 2002. La colección estuvo conformada por 115 muestras provenientes de los ríos Itaya, Napo, Tigre, Curaray y Putumayo. Los datos de diez cosechas consecutivas (2006 a 2015) se analizaron utilizando Selegen-Reml/Blup. El análisis permitió conocer los niveles de repetibilidad bajo precisión selectiva del rendimiento de fruta, cuyo promedio fue de 1242 g.pl⁻¹ con un índice de repetibilidad inicial de $r=0,045$, que aumentó después de 10 años a $r_m=0,322$, precisión selectiva de 0,567 y eficiencia selectiva de 2,66. Basado en estos índices, se seleccionaron las diez mejores plantas para la producción de fruta, las que provinieron de los ríos: Napo, Putumayo y Curaray. El peso promedio de fruto fue 8,35 g, $r=0,218$, $r_m=0,736$, precisión selectiva 0,85 y eficiencia selectiva de 1,83. Los diez individuos seleccionados provinieron de las cuencas: Tigre (TH0215, TH0105, TT0725, TH0622), Putumayo (PC0511, PC0913, PC0602, Pc1014, PC0129) y Curaray (Ct0107). Un recombinante natural (rendimiento x peso del fruto) es Pc0117 (población de Putumayo-Coto). La selección de genotipos superiores con alto grado de fiabilidad se logró utilizando el método de repetibilidad aplicado en este estudio.

Palabras clave: Fruto nativo amazónico, Loreto, Mejoramiento de plantas, Selección de plantas.

Abstract

The aim of this study was to select camu-camu genotypes in an *ex situ* collection established in a floodable area of the Peruvian Amazon basin in 2002. The collection had 115 samples from the Itaya, Napo, Tigre, Curaray and Putumayo basins. Data from ten consecutive harvests (2006 to 2015) were analyzed using Selegen-Reml / Blup. The analysis allowed to know the levels of repeatability under selective precision, whose average was 1242 g.pl⁻¹ with an initial repeatability index of $r = 0,045$, which increased after 10 years to $r_m = 0,322$, selective precision of 0,567 and selective efficiency of 2,66. Based on these indices, ten best plants for fruit production were selected. The selected plants came from Napo (NY0413, NY0518, NY0805, NN0202, NN0907), Putumayo (PC0415, PC0421, Pc0504, Pc0511) and Curaray (Ct0316) basins. The average fruit weight was 8,35 g, $r = 0,218$, $r_m = 0,736$, selective precision 0,85 and selective efficiency 1,83. The ten selected individuals came from the Tigre (TH0215, TH0105, TT0725, TH0622), Putumayo (PC0511, PC0913, PC0602, Pc1014, PC0129) and Curaray (Ct0107) basins. A natural recombinant (yield x fruit weight) is Pc0117 (Putumayo-Coto population). The selection of superior genotypes with a high degree of reliability was achieved using the repeatability method applied in this study.

Keywords: Loreto, Native amazonian fruit, Plant breeding, Plant selection.

INTRODUCCIÓN

El sobresaliente nivel de ácido ascórbico del camu-camu (Chia *et al.*, 2010), científicamente nombrado *Myrciaria dubia* Kunh (McVaugh), sumado a su plasticidad genética y ecológica ha estimulado su gradual adopción por el productor amazónico y cierta incorporación al circuito socio-económico en la Amazonía peruana y otros países del trópico americano (Correa *et al.*, 2019). Trabajos recientes incluyen diferentes aspectos sobre el aprovechamiento del camu-camu. Por ejemplo, se evaluó la cadena de valor en los departamentos Loreto y Ucayali, Perú (Braga *et al.*, 2018), el almacenamiento de carbono en área inundable (Díaz-Cordova *et al.*, 2015), tecnologías agronómicas como podas (Durand *et al.*, 2017), defoliación (Pinedo *et al.*, 2018; Pinedo y Paredes, 2019), manejo de plagas (Pinedo *et al.*, 2019); fertilización y nutrición (Abanto *et al.*, 2015b; Abanto *et al.*, 2016; Abanto *et al.*, 2019), injertación (Abanto *et al.*, 2015a), contaminación de metales sobre el suelo y la fruta (Panduro *et al.*, 2016).

Estudios sobre la diversidad genética se han llevado a cabo, profundizándose en los últimos años. En Perú, se dispone de una amplia base para la selección de genotipos superiores de acuerdo al plan de mejoramiento genético del camu-camu, puesto en marcha (Pinedo *et al.*, 2004). El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), entre 1986 a 1988 colectó 39 poblaciones, procedentes de los ríos Ucayali, Amazonas, Marañón y Napo, las mismas que fueron evaluadas durante 15 años. Esta evaluación permitió elegir 10 plantas sobresalientes por rendimiento de fruta, en suelo inundable (isla de Muyuy, Loreto, Perú) y en suelo de tierra firme con rendimientos entre 6 y 25 t.ha⁻¹ a los 11 años de edad (Mendoza *et al.*, 1989; Pinedo *et al.*, 2010) Šmíd *et al.* (2017) evaluaron con marcadores micro-satélites en material genético de Loreto-Perú, encontrando una amplia diversidad genética. Asimismo, Bardales *et al.* (2016) basado en características iniciales de las plantas evaluó material genético de Roraima-Brasil, encontrando una alta diversidad intra-específica.

En el ámbito del mejoramiento genético, este estudio incluye la colección, evaluación y selección de plantas superiores. El análisis de repetibilidad, consiste en estudios de progenies o cultivares con sucesivas evaluaciones (mayormente cada año) de caracteres importante o priorizados. Los datos obtenidos nos permiten estimar los coeficientes de repetibilidad de dichos caracteres o variables priorizadas y estimar el número de repeticiones que deben ser realizadas para obtener una evaluación fenotípica más eficiente y confiable (Pinedo y Alves, 2019). Valores altos de la estimativa de repetibilidad, indican que es posible predecir el valor real del individuo con un número relativamente pequeño de mediciones (Pinedo *et al.*, 2017a; Cruz y Regazzi, 1997) y, de acuerdo con Falconer (1981), representa el límite superior del coeficiente de heredabilidad. Por lo tanto, el conocimiento de la viabilidad de la repetibilidad, es decir la validación de dicho método, es importante para orientar programas de mejoramiento genético principalmente para especies perennes como el camu-camu.

En el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), en el periodo 2001-2011 se efectuaron colecciones de germoplasma que continúan evaluándose hasta la fecha. En el año 2001, se colectaron muestras genéticas de cinco cuencas de la Amazonía peruana (Putumayo, Napo, Itaya, Tigre y Curaray). En el 2005, nuevas colectas se realizaron en los ríos Tigre, Curaray y Tahuayo. A partir del año 2002 en el IIAP se vienen evaluando material genético que provienen de las cuencas de los ríos Napo, Putumayo, Tigre, Tahuayo, Itaya, Curaray, Yavarí, Mazán y Tambor. En los años 2005 y 2006 fueron pre-seleccionadas 715 plantas precoces, de las cuales se seleccionaron 28 plantas, por rendimiento de fruta y tolerancia al gorgojo del fruto (*Conotrachelus dubiae* O'Brien), entre las que destacaron las plantas con los códigos: 10-12, 98-1, 222-1, 229-3 y 249-3 (Pinedo y Paredes, 2011; Pinedo *et al.*, 2014). Mediante análisis de componentes principales, Guillen (2007), evaluó la colección de camu-camu de 6 años de edad procedente de cinco cuencas (Napo, Putumayo, Curaray, Tigre e Itaya); las

variables peso de fruto, rendimiento de fruta, diámetro de copa y altura de planta explicaron el 80% de la varianza dentro de la colección. El rendimiento de fruto estuvo correlacionado de manera positiva y altamente significativa con el diámetro de copa ($r=0,247$) y número de semillas ($r=0,420$), pero negativamente con el peso de fruto ($-0,294$). En cuanto al rendimiento de la fruta, varía de 3726 g (NY0727) a 8866 g (CU0518) de acuerdo a Pinedo y Alves (2019).

En el año 2009, se continuó la evaluación en las colecciones del IIAP. En cuanto al contenido de ácido ascórbico (AA) se evaluaron 142 plantas que presentaron valores entre 775 mg y 2951 mg, y una alta diferencia significativa entre poblaciones o cochas ($F_c=2,27$ Sig= $<0,032$). Destacó la cocha Tostado de la cuenca del Curaray con una media poblacional de 1528 mg/100 mg. Se han seleccionado 14 plantas que presentaron alto contenido de AA (>1800 mg), al igual que 11 individuos con fruto grande (> 13 g) y 8 con rendimiento de fruta superior a 7 kg por planta, al séptimo año de la plantación. En la colección de cinco cuencas, en base al rendimiento superior durante tres años consecutivos fueron seleccionadas las plantas: NY0805 y NY0518 (Napo-Yuracyacu), PC0922 (Putumayo-Cedro) y TT0725 (Tigre-Tipishca) con rendimientos de 6,6, 5,5, 4,0 y 3,8 Kg.pl⁻¹ respectivamente. En cuanto a niveles de AA, fueron seleccionadas las plantas: PC0302, NY0413, PC0430, PC0120, PC0214, TH0824 y CC0207 que presentaron alto contenido de AA (>2000 mg) de acuerdo a Bardales *et al.* (2010). En la misma colección, Mendieta (2009), seleccionó genotipos superiores según el peso de fruto, rendimiento de fruto, diámetro de planta, altura de planta y contenido de ácido ascórbico (AA). En cuanto al AA, se evaluaron 160 plantas que presentaron valores entre 1081 mg y 2282 mg con una diferencia altamente significativa entre plantas ($F_c=384,15$ Sig= $<0,001$). Resultaron seleccionadas las plantas: PC0403 (2257 mg), Ct0813 (2233 mg), TT1025 (2217), IP0614 (2199), NY0214 (2173 mg), Pc0327 (2167 mg), PC0514 (2163 mg), PC0405 (2162 mg), NN0132 (2158 mg) y TH0120 (2153 mg). Para el peso promedio de fruta, destacaron las

plantas: PC0310 (13,11 g), PC0602 (12,16 g), CU0812 (11,72 g), CU0119 (11,66 g), Pc0723 (11,63 g) y PC0429 (11,59 g). En cuanto al rendimiento de fruta las 5 mejores plantas fueron: PC0429 (13,13 kg), PC0415 (8,53 kg), Pc0504 (7,33 kg), Ct0207 (6,62 kg) y NY0317 (6,07 kg). En el IIAP se efectuaron tres evaluaciones de parámetros vegetativos (2007, 2008 y 2009) y dos de producción de fruta (2010 y 2011) y presentó conclusiones sobre la selección de progenies luego de cuatro años de la instalación (Pinedo y Paredes, 2011).

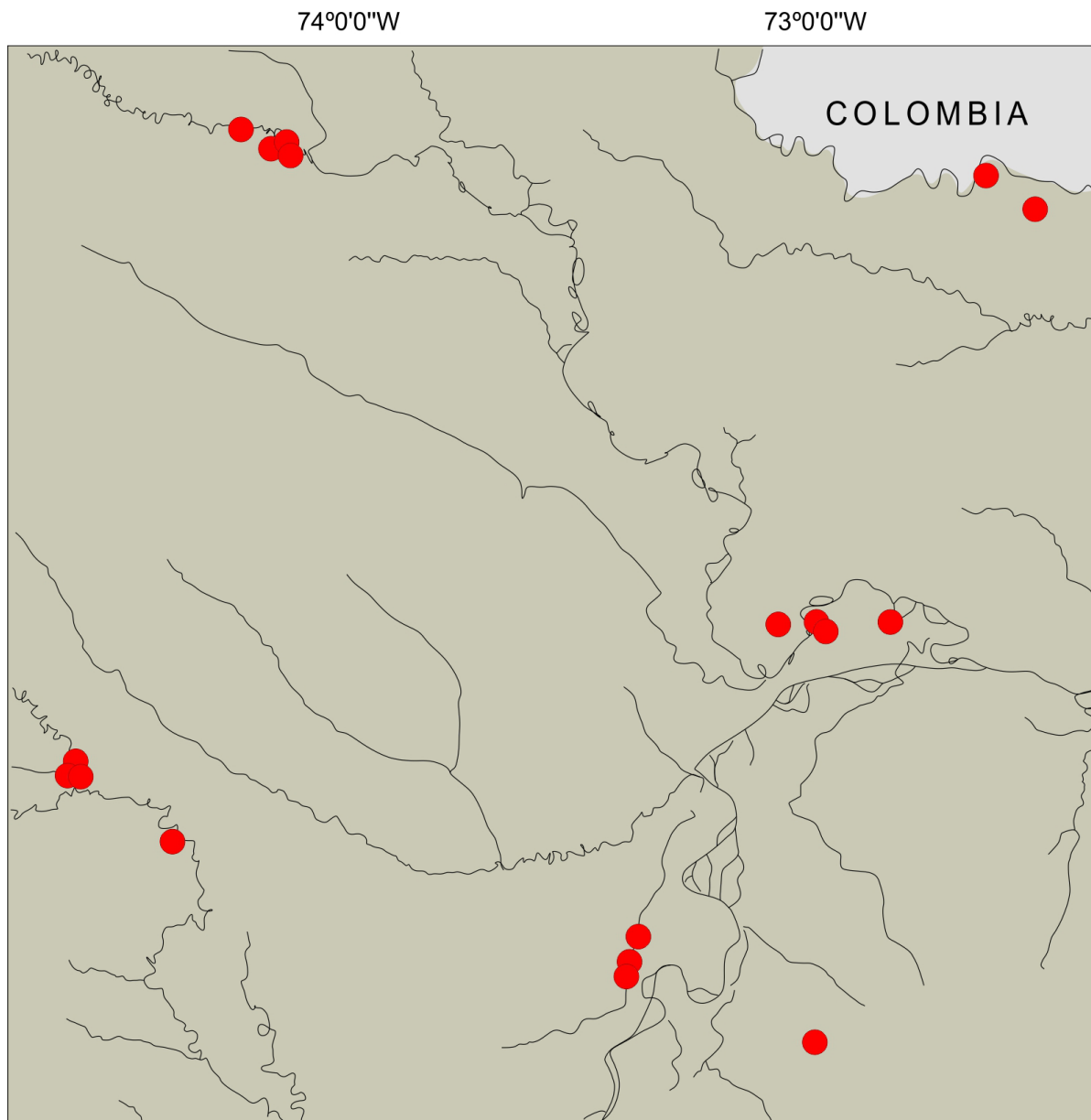
Por otro lado, en cuanto a resistencia a plagas, en el IIAP se evaluaron 4 colecciones básicas y 2 pruebas genéticas, seleccionando individuos destacados por su adaptación y resistencia al ataque por *Tuthilia cognata* y *Conotrachelus dubiae* (Paredes y Pinedo, 2013; Pinedo *et al.*, 2017b).

Se planteó como objetivo de esta investigación, seleccionar plantas superiores según el rendimiento de fruta, contenido de ácido ascórbico, tolerancia a plagas, entre otros caracteres, sobre una colección procedente de las cuencas Napo, Putumayo, Curaray, Tigre e Itaya, mediante el análisis multianual con criterios integrales y elevado número de mediciones.

MATERIALES Y MÉTODO

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Centro Experimental San Miguel CESH-IIAP, ubicado al sureste de Iquitos, a orillas del río Amazonas, departamento Loreto, Perú, entre las coordenadas 3° 40' y 3° 45' LS y 73° 10' y 73°11' LO (Figura 1). Zona con 1-2 m de inundabilidad, temperatura promedio de 26°C y precipitación pluvial de 2911,7 mm.año⁻¹ (Durand *et al.*, 2017). La colección, fue instalada en el 2002 con alta densidad (1,5 x 1,0 m). La textura del suelo es franco-arcillo-limoso, pH moderadamente ácido de 6,006, conductibilidad eléctrica de 0,203, capacidad de intercambio catiónico (CIC) efectivo de 13,66, bajo nivel de materia orgánica de 1,33%, nitrógeno bajo de 0,09%, fósforo



● Colección de camu camu



Figura 1. Poblaciones de camu-camu muestreadas en las cinco cuencas evaluadas en la Amazonía peruana.

en nivel intermedio de 12,37 ppm, alto nivel de potasio 254,6 ppm. En cuanto a cationes disponibles: bajo nivel de aluminio (0,92%), alto nivel de calcio 76,89%, mediano nivel de magnesio (18,66%), bajo nivel de potasio (3,75%) y bajo nivel de sodio (0,69%) de acuerdo a ICT (2017).

Muestras genéticas

Las procedencias del material genético evaluado se indican en la Tabla 1. Se identificaron a cada uno de los individuos mediante códigos; por ejemplo, el código individual NN0323, corresponde a la planta de la colección *ex situ* procedente del río Napo (N), población (cocha) Núñez (N), matriz número 3 colectada en la población y planta hija número 23 procedente por propagación sexual obtenida de los frutos colectados.

Variables evaluadas de las colecciones de camu-camu

Diámetro de copa (cm): Se usó una regla centimetrada para medir toda la extensión hasta donde las ramas de la copa tuvieran cobertura. Altura de planta (cm): Con una regla centimetrada colocada en el centro de la planta se midió la distancia desde la superficie del suelo hasta

el punto máximo de proyección hacia arriba del perfil de la copa.

Número de ramas basales: Se contaron las ramas en el nivel primario a una altura máxima de 50 cm encima del suelo y cuyas ramas tenían por lo menos 2 cm de diámetro.

Número total de frutos: Se contabilizaron tomando en cuenta los frutos que completaron su desarrollo, incluyendo los frutos verdes, pintones y maduros (estados 5 al 8 según Pinedo *et al.*, 2001).

Peso promedio de fruto (g): Se realizó mediante la obtención de 20 frutos al azar en estado pintón-maduro, luego se tomó la medida del peso de cada fruto, el valor fue expresado en gr.

Rendimiento de fruta (g): Resultante del producto del número total de frutos por el peso promedio de fruto.

Porcentaje (%) de frutos atacados por gorgojo del fruto: Se contaron los frutos aún adheridos a la planta, con síntomas o signos de daño o presencia del gorgojo del fruto (*Conotrachelus dubiae*).

Tabla 1. Procedencias de las 115 muestras genéticas de camu-camu evaluadas que han procedido de 14 poblaciones de cinco cuencas de Loreto, Perú.

Cuenca (río)	Población (Lago)	Nº Muestras Colectadas	Nº Plantas Instaladas
Itaya	Union	4	35
	Tipishca	4	21
	Pelejo	8	457
Napo	Núñez	10	265
	Yuracyacu	10	243
Tigre	Tipishca	10	271
	Pava	10	214
	Huacamayo	10	266
Curaray	Chavarrea	7	189
	Tipishca	3	74
	Urco	10	264
	tostado	10	248
Putumayo	Cedro	9	211
	coto	10	242
Totales	14	115	3000

Tenor de vitamina C: Fue determinado mediante método colorimétrico de Tillman (Chang, 2013), el cual se basa en la reducción del indicador 2,6-diclorobenzenoindofenol (DCFI) por el ácido ascórbico.

Diseño estadístico

Programas y modelos

El diseño fue irrestrictamente aleatorizado o desbalanceado, con diferente número de repeticiones y una planta por parcela o unidad experimental. Para la selección, se utilizó el Programa SELEGEN-REML-BLUP. Este programa toma en cuenta 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 en estimación de parámetros genéticos o métodos de análisis de varianza, y aplica el método de Máxima Verosimilitud Residual (REML). Todas estas características permiten un análisis y selección eficiente.

El modelo básico N° 63 del Programa Selegen Reml/Blup (Resende, 2007) fue aplicado para el análisis de repetibilidad y selección individual multianual, el cual separa la varianza de cada valor obtenido según la siguiente ecuación: $y = X_m + W_p + e$, donde y = vector de datos, m = vector de los efectos de medición, p = vector de los efectos permanentes de plantas (efectos genotípicos + efectos de ambiente permanente) (Asumidos como aleatorios), e = vector de los errores o residuos (aleatorios). Las letras mayúsculas (X y W) representan a las matrices de incidencia para los referidos efectos.

Para el análisis de selección anual se aplicó el modelo estadístico 95 (Selegen Reml/Blup) (Resende, 2002). $Y = X_r + Z_a + W_p + e$, en el que, Y es el vector de datos, r es el vector de los efectos de repetición (asumido como fijo) sumados a la media general, a es el vector de los efectos genéticos aditivos individuales (aleatorios), p es el vector de los efectos de parcelas (aleatorios), e es el vector del error o residuos (aleatorios).

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

Componentes de Varianza (REML Individual). V_a : Varianza genética aditiva. V_{parc} : Varianza ambiental entre parcelas. V_e : Varianza Residual (ambiental + no aditiva). V_f : Varianza fenotípica individual. $H2a=h2$: Heredabilidad individual en sentido estricto, o sea, de los efectos aditivos. $H2mp$: Heredabilidad de media de progenies, asumiendo sobrevivencia completa. $Acprog$: Acuracia de Selección de progenies, asumiendo sobrevivencia completa. $H2ad$: Heredabilidad aditiva dentro de parcela. $CV_{gi}\%$: Coeficiente de variación genética aditiva individual. $CV_{gp}\%$: Coeficiente de variación genotípica entre progenies. $CV_e\%$: Coeficiente de variación residual. $CV_r = CV_{gp}/CV_e =$ Coeficiente de variación relativa. m = Media General del experimento.

Valores genotípicos e intervalos de confianza

Componentes de Varianza (BLUP Individual). f : Valor fenotípico individual o medición de campo. a : Efecto genético aditivo previo. $u + a$: Valor genético aditivo previo. N_e : Tamaño del efecto poblacional. d : Efecto genético de dominancia previo (suponiendo determinado grado medio de dominancia en caso de progenies de medios hermanos). $g = a + d$: Efecto genotípico previo.

Para un análisis de repetibilidad con mayor proyección en el tiempo fue aplicado el Programa GENES que recurre a varios algoritmos para el cálculo del índice de repetibilidad. Uno de ellos es un análisis de varianza donde para la expresión de los valores fenotípicos de las variables evaluadas se aplicó el siguiente modelo (Cruz, 2006):

$Y_{ij} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + E_{ij}$, donde Y_{ij} = observación referente al carácter del genotipo i en la repetición j . μ = media general. G_i = efecto aleatorio del genotipo i sobre la influencia del ambiente permanente. A_j = Efecto fijo de la medición realizada (año). GA_{ij} = Interacción entre genotipo y medición j . E_{ij} : error experimental.

Las estimativas de los componentes de varianza fueron obtenidas por medio de las esperan-

zas de los cuadrados medios y el coeficiente de repetibilidad estimado por la fórmula: $r = \sigma^2_g / (\sigma^2_e + \sigma^2_g)$, donde r = coeficiente de repetibilidad, σ^2_g = variancia entre genotipos y σ^2_e = variancia del error experimental. El cálculo del número de mediciones necesarias (η_0) para predecir el valor real de los individuos a 95% de determinación fue obtenido por la fórmula: $\eta_0 = r^2(1 - r) / (1 - r^2)r$, donde η_0 = número de mediciones necesarias para una determinación genotípica deseable, r^2 = coeficiente de determinación a 95% y r = coeficiente de repetibilidad. El coeficiente de determinación para el número de mediciones realizadas fue calculado a través de la fórmula: $r^2 = nr / (1 + r(n - 1))$, donde r^2 = coeficiente de determinación para el número de mediciones probadas, n = número de mediciones efectuadas y r = coeficiente de repetibilidad.

RESULTADOS

Análisis de repetibilidad de rendimiento de fruta para 5 y 10 años mediante el Programa SELEGEN

Se presenta un análisis de repetibilidad correspondiente a 5 años (5 cosechas) para rendimiento de fruta incluyendo los valores cero. La media general es baja (1131,303 gramos.pl⁻¹). Así también el índice de repetibilidad individual es bastante bajo ($r=0,006$) y que aún a los cinco años de evaluación, continua relativamente bajo ($rm=0,031$). Sin embargo, aún con una precisión de 0,17 nótese que la eficiencia es relativamente alta (2,208). Se presentan los primeros 10 individuos según el rendimiento alcanzado.

Tal como el de la Tabla 2, se efectuaron otros siete análisis y cuyos resultados se resumen en la Tabla 3, que incluye las variables: rendimiento por planta, peso de fruto, inclusión y exclusión de ceros, tanto para 5 como para 10 cosechas. Para el caso del rendimiento de fruta se observa que el r mejoró con la exclusión de ceros a los cinco años Lo cual no ocurrió a los 10 años. Se aprecia en general que los índices no mejoraron

sustancialmente con el incremento de cosechas hasta los 10 años. Sin embargo, los individuos seleccionados para ambos casos resultaron las plantas NY0805 y Ct0818.

En cuanto al peso de fruto (con cinco cosechas evaluadas), se presenta en la Tabla 3 el coeficiente de repetibilidad de $r=0,043$; el mismo que al efectuar cinco mediciones se incrementa a $rm=0,185$. La media quedó reducida a 4,57 g debido a la inclusión de los ceros. Fueron seleccionadas 20 plantas por tener un peso promedio superior, donde la planta TH0215 ocupa el primer lugar. Cuando no se incluyó el cero, la media fue notablemente mayor (8,22 g). En este caso el valor de r es de 0,35 en el primer año, alcanzando un rm en el quinto año de 0,734. La planta de código Pc0511 ocupó el primero de los 20 lugares seleccionados por su mayor promedio de peso de fruto.

Para diez cosechas o mediciones referido al rendimiento (ceros incluidos) la media general fue de 1242,75 g.pl⁻¹ con un inicial $r=0,045$ y $rm=0,32$ al décimo año. La planta Pc0511 (Putumayo-Coto) ocupó el primer lugar. Sin considerar los ceros el promedio fue de 2235,72 g.pl⁻¹ y la misma planta Pc0511 resultó en primer lugar. En cuanto al peso de frutos con 10 mediciones e inclusión de los ceros. Encontramos un valor bastante bajo de $r=0,004$ que al décimo año solo alcanza el valor de $rm=0,038$. La media es relativamente baja ($m=4,459$ g) debido a la inclusión de los ceros. El individuo TH0215 procedente del río Tigre y población (cocha) Huacamayo alcanza una nueva media de 4,61. El peso de fruto, sin incluir ceros y luego de 10 años de cosecha, alcanza un promedio de 8,35. El índice de repetibilidad ($r=0,22$) es relativamente alto con lo que se logra al décimo año un valor de $rm=0,74$ (Tabla 3), propio de una alta precisión y eficiencia selectiva. En este caso el individuo con mayor ganancia es Ct0107 (rio Curaray y población Tostado) con una media nueva de 10,28 g, superior al ideotipo (10 g). En la Tabla 4, se incluyen ocho selecciones según el rendimiento de fruta (evaluaciones de 5 y 10 años), peso de fruto (5 y 10 años), altura de planta, diámetro de copa, contenido de áci-

Tabla 2. Análisis de repetibilidad del rendimiento (con ceros) de fruta durante 5 años en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.**Programa SELEGEN Reml/Blup-Modelo:63 Variable: Rendimiento de fruta (con ceros) Componentes de varianza (REML Individual)**

Vfp = 28994,414 (Varianza fenotípica permanente entre plantas)

Vet = 4490155,084 (Varianza de ambiente temporario, no aditiva)

Vf = 4519149,499 (Varianza fenotípica individual)

r = 0,006 ± 0,007 (Repetibilidad individual)

rm = 0,031 (Repetibilidad de la media de m cosechas o medidas repetidas)

Acm = 0,177 (Precisión de selección basada en la media de m cosechas)

Desviación estándar = 13655,70

Media general = 1131,303

Eficiencia del uso de m medidas (5 años) - Selección de clones

m	Determinación	Precisión	Eficiencia
1	0,006	0,080	1,000
2	0,013	0,113	1,410
3	0,019	0,138	1,721
4	0,025	0,159	1,981
5	0,031	0,177	2,208
6	0,037	0,193	2,411
7	0,043	0,208	2,596
8	0,049	0,222	2,767
9	0,055	0,234	2,926
10	0,061	0,246	3,075

Componentes de Media (BLUP Individual): Selección de individuos

Orden	Individuo	Fp	u + fp	Ganancia genética (g)	Ganancia genética (%)	Nueva media (g)
1	NY0805	113,347	1244,650	113,348	9,107	1244,651
2	Ct0818	105,200	1236,500	109,270	8,808	1240,577
3	Pc0504	80,700	1212,000	99,750	8,103	1231,053
4	TT0725	78,040	1209,350	94,320	7,696	1225,626
5	NY0518	66,290	1197,600	88,720	7,272	1220,020
6	NN0202	65,600	1196,900	84,860	6,978	1216,166
7	Pc0511	62,340	1193,640	81,640	6,731	1212,948
8	TH0319	59,840	1191,140	78,920	6,521	1210,223
9	PC0421	58,910	1190,210	76,700	6,349	1207,999
10	TH0105	58,160	1189,470	74,840	6,205	1206,146

Tabla 3. Resumen del análisis de repetibilidad para rendimiento y peso de fruto con 5 y 10 años de evaluación e inclusión/exclusión de ceros en el cálculo.

Tiempo		5 años			10 años		
Parâmetros		\bar{x}	r	rm	\bar{x}	r	rm
Rendimiento	Con ceros	1131	0,006	0,031	1242	0,045	0,322
	Sin ceros	1590	0,009	0,208	2236	0,040	0,297
Peso de fruto	Con ceros	4,57	0,043	0,185	4,46	0,004	0,038
	Sin ceros	8,22	0,355	0,734	8,35	0,218	0,736

\bar{x} =Media r=Coefficiente de repetibilidad rm=r incrementado con m mediciones

Tabla 4. Individuos seleccionados según marcadores morfológicos priorizados en colección de cinco cuencas de camu-camu.

Marcadores Morfológicos	Rendimiento de fruta		Peso de fruto		Altura de planta	Diámetro de copa	Ácido Ascórbico	Tolerancia al gorgojo	
	Años	Cinco	Diez	Cinco	Diez	2006	2009	2009	2014
	Merito	2006-2010	2006-2015	2006-2010	2006-2015				
1		NY0805	Pc0511	Pc0511	Ct0107	IP0615	CC0710	Ct0813	TT0110
2		Ct0818	NY0805	PC0913	Pc0511	CU0316	PC0518	NY0214	TH1018
3		Pc0504	NN0202	Ct0107	PC0913	TH0709	CT0304	Pc0327	TH0215
4		TT0725	NN0907	Ct0601	PC0602	NY0709	CC0510	PC0405	PC0129
5		NY0518	NY0414	TH0215	TH0215	TH0704	PC0913	NN0132	NY1024
6		NN0202	PC0415	TH0105	TH0105	TT0723	TH0607	TH0120	NN0313
7		Pc0511	Ct0316	Ct0223	TT0725	IU0102	PC0508	CT0109	IP0537
8		TH0319	NY0518	PC0602	TH0622	IP0714	PC0907	Ct0109	IP0233
9		PC0421	PC0421	TH0622	Pc1014	NY0416	CU0812	TH0221	TH0217
10		TH0105	Pc0504	PC0408	PC0129	CC0723	Ct0109	NN0403	IP0230

do ascórbico, y tolerancia al ataque del gorgojo del fruto (*Conotrachelus dubiae*).

Las evaluaciones de marcadores vegetativos (altura de planta y diámetro de copa) se efectuaron en los primeros años de trabajo (2006-2009) cuando las plantas tenían entre 3 y 6 años de edad. El interés sobre estas variables de desarrollo vegetativo es analizar la posibilidad de su uso para selección indirecta de genotipos superiores. Aparentemente no existe correlación ni entre las variables vegetativas ni con ácido ascórbico ni con incidencia del gorgojo del fruto.

Rendimiento de fruta de camu-camu en evaluaciones durante 12 años

En la Figura 2 se resume los promedios de rendimiento de fruta logrados en 10 años entre el 2004 y 2015. Nótese que los valores promedios (Figura 2a) son relativamente bajos alrededor de 1 kg.planta⁻¹ llegando al máximo aproximado de 3 kilogramos, al octavo año. En la Figura 2b se muestran los valores máximos obtenidos en la década, demostrando que la cosecha puede llegar a 21,87 kg.pl⁻¹ a los 8 años desde la plantación. Se muestran también las tendencias de promedios de los 5 y 10 mejores individuos (Figuras 2c y 2d). La diferencia del rendimiento

entre las 5 y 10 mejores plantas es poco notable. La tendencia es de naturaleza cuadrática con un máximo de 32 kg en el octavo año después de la plantación. Es importante destacar que la parcela en estudio fue establecida con alta densidad desde 1,5 m².pl⁻¹ al inicio hasta 6 m².pl⁻¹ al décimo año. Por ser los datos promedios de 3000 plantas, al inicio no es notoria la alternancia de las cosechas de un año a otro, lo cual se podría notar en la tendencia individual.

La Figura 3 expresa los valores de peso promedio de fruto durante la década de evaluación (periodo 2006-2015) con un rango aproximado de 7 a 9 g y una alternancia anual o bi-anual. El peso promedio sin considerar los ceros resulta relativamente alto con las encontradas bajo condiciones naturales.

Análisis de repetibilidad con 6 métodos del programa GENES

Se logró una mayor estimativa y determinación mediante el método de Componentes principales con covarianzas. Este método fue el más eficiente tanto para rendimiento de fruta como para peso promedio de fruto, alcanzando en el primer caso una estimación de 75,30% y 13 mediciones necesarias para llegar a un 80% de determinación (ver Tabla 5).

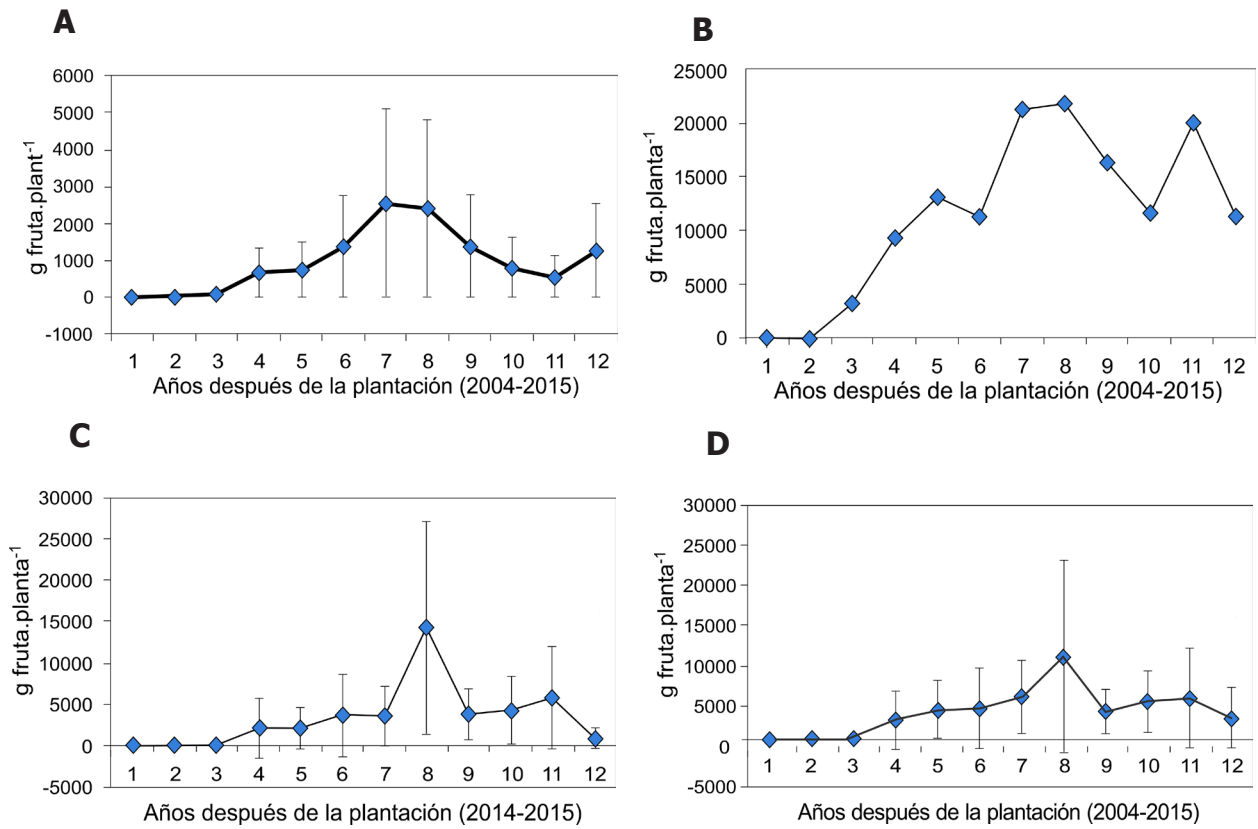


Figura 2. Rendimiento de fruta evaluado durante 12 años en colección de cinco 5 cuencas. A) Rendimiento promedio general B) Rendimiento máximo C) Rendimiento promedio de las cinco mejores plantas 2D) Rendimiento promedio de las diez mejores plantas.

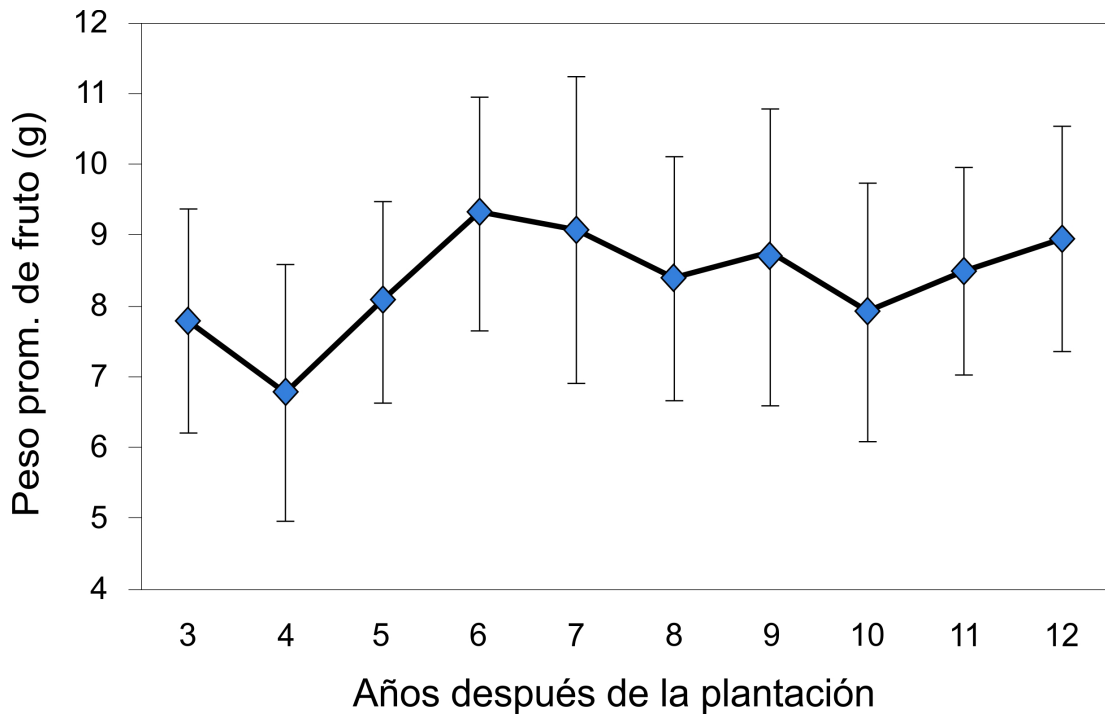


Figura 3. Tendencia en 10 cosechas del peso de fruto de genotipos de camu-camu procedentes de 5 cuencas, Loreto, Perú.

Tabla 5. Análisis de repetibilidad con seis modelos estadísticos para rendimiento y peso promedio de fruta en colección de camu-camu de cinco cuencas C. p.

A) Rendimiento de fruta					
	Método			Estimativa	Determinación (%)
1)	ANOVA-Modelo 1			0,045	32,213
2)	ANOVA-Modelo 2			0,031	24,129
3)	Componente principal-Covarianza			0,234	75,306
4)	Componente principal-Correlación			0,074	44,382
5)	Análisis estructural-Covarianza			0,045	32,213
6)	Análisis estructural-Correlación (r medio)			0,045	32,254

Número de mediciones (m) para ciertos coeficientes de determinación (r²)					
r²	Anova-1	Anova-2	C. p. Covarianza	C. p. Correlación	Análisis Estructural
0,80	84,174	125,771	13,116	50,127	84,014
0,85	119,247	178,174	18,581	71,013	119,019
0,90	189,392	282,982	29,512	112,786	189,031
0,95	399,828	597,407	62,302	238,103	399,064
0,99	2083,313	3112,804	324,627	1240,643	2079,335

B) Peso Promedio de fruto					
	Método			Estimativa	Determinación (%)
1)	ANOVA – Modelo 1			-0,004	-4,137
2)	ANOVA – Modelo 2			-0,022	-27,675
3)	Componente principal – Covarianza			0,135	60,954
4)	Componente principal – Correlación			0,124	58,502
5)	Análisis estructural – Covarianza			-0,004	-4,137
6)	Análisis estructural – Correlación (r medio)			-0,007	-7,349

Número de mediciones (m) para ciertos coeficientes de determinación (r²)					
r²	Anova-1	Anova-2	C.p. Covarianza	C.p. Correlación	Análisis Estructural
0,80	-1006,835	-184,535	25,623	28,373	-584,259
0,85	-1426,349	-261,424	36,299	40,195	-827,701
0,90	-2265,378	-415,203	57,652	63,840	-1314,583
0,95	-4782,465	-876,539	121,710	134,773	-2775,231
0,99	-24919,157	-4567,231	634,171	702,236	-14460,415

DISCUSIÓN

La distribución de las plantas evaluadas en el campo no obedeció a ninguna estructura es decir que se trata de un típico diseño desbalanceado. Como menciona Albuquerque *et al.* (2004), en frutales perennes, la gran área necesaria, dificulta la instalación de experimentos con delineamientos estadísticos adecuados y una estimativa de parámetros genéticos, como la heredabilidad, pero no impide una estimación del coeficiente de repetibilidad de caracteres de interés al mejoramiento. Por otro lado, se hace necesario que en las colecciones *ex situ* se adopten espaciamientos relativamente cortos para minimizar los costos de mantenimiento.

Al respecto Vasconcelos y Vilela (2010) presenta el método de selección precoz intensiva (SPI) aplicado al casho o marañón (*Anacardium occidentale* L.) con densidades 4 veces mayores a las normales y una selección precoz basada en caracteres de alta heredabilidad en los dos primeros años de edad de la plantación. El objetivo es aumentar la ganancia genética por área de experimentación y unidad de tiempo. Los resultados evidenciaron mayor eficiencia y viabilidad de aplicación de ese método en relación al sistema convencional de mejoramiento de la especie (Maia *et al.*, 2016). También Solis *et al.* (2015) prefirieron trabajar con distanciamientos cortos del cacao (3 x 2 m) y seleccionaron luego de 4 años de evaluación familias de híbridos con baja incidencia de moniliasis.

Nuestros resultados del análisis de repetibilidad para 5 y 10 años con inclusión y exclusión de ceros nos muestran valores de r muy bajos entre 0,006 a 0,045 para rendimiento y de 0,004 a 0,35 para peso promedio de fruto. Para el caso de rendimiento de fruta, si bien con la exclusión de ceros e incremento del número de mediciones (de 5 a 10 años) el índice r mejora significativamente, este se mantiene en nivel bajo evidenciando un bajo control genético. Claramente, el peso promedio del fruto mostró más control genético que el rendimiento. Padilha *et al.* (2001) también encontró para el caso del huasai (*Euterpe oleraceae* Mart.) que el peso medio de los frutos fue más eficiente para la

selección de genotipos superiores. Algo similar ocurrió con pijuayo (*Bactris gasipaes*) donde Cornelius *et al.* (2010) calcularon índices de correlación, no significativos entre el número de frutos con el tamaño y peso de frutos individuales ($r = -0,34$ para $r = -0,49$). Se sugirió por lo tanto que los variables tamaño y peso de fruto probablemente tienen mayor heredabilidad que el número de frutos por racimo (Matias *et al.*, 2016).

La magnitud de $r=0,17$ es considerada baja por Oliva y Resende (2008) y que a partir de esta estimación se puede inferir que la heredabilidad del carácter producción de fruta es baja porque la repetibilidad representa el valor máximo que la heredabilidad puede asumir. Al respecto Farias y Resende (2001), opinan que las estimaciones de heredabilidad en el sentido restringido consideradas bajas (relacionado con bajo índice de repetibilidad) revelan una baja variación genética aditiva en la población y consecuentemente una estimación de ganancias genéticas de pequeña magnitud. Una posible causa según estos autores para las bajas estimativas de heredabilidad puede ser una estrecha base genética de la población. Sin embargo, para nuestro caso la base genética de la población fue relativamente alta ya que el material colectado provino de cinco cuencas. Otra posible causa sería la condición genéticamente básica del material colectado. Ya que el índice de repetibilidad tiende a incrementarse conforme avanza el trabajo de selección (Mathews *et al.*, 2016).

Según Cruz *et al.* (2004) para los casos en que las medidas repetidas no sean estables, se deben considerar los siguientes tres aspectos: la variación dentro de individuos incluye una porción considerable de la varianza de la interacción del genotipo con los efectos temporarios del ambiente; el aumento del número de repeticiones de medidas con la finalidad de reducir esa variación puede no ser ventajoso, pues la varianza adicional proporcionada por la interacción entre genotipos y el ambiente temporario puede ser suficiente para neutralizar aquella reducción; las expresiones escritas en la literatura para el cálculo de la repetibilidad pueden no tener validez (Carias *et al.*, 2016).

Las variables vegetativas según Pinedo *et al.* (2014), mostraron niveles más significativos de heredabilidad que las variables productivas. Según el análisis de repetibilidad, por peso de fruto, encontraron un índice de $r = 0,084$ que permitió luego de tres cosechas, una precisión de 46,41 y eficiencia de 1,6. Las variables relacionadas con rendimiento de fruta mostraron alto índice de variabilidad cuya heredabilidad no pasó de $h^2 = 0,25$. Para el rendimiento de fruta, el índice de repetibilidad al tercer año fue de $r = 0,057$ precisión de 0,39 y eficiencia de 1,63, datos que se ubican dentro del rango encontrado en el presente estudio.

Respecto al rendimiento de fruta del camu-camu otros autores obtuvieron resultados más prometedores. Oliva y Resende (2008) con SELEGEN REML/BLUP, encontraron una repetibilidad individual de producción de magnitud moderada ($r = 0,41$). La repetibilidad media de 5 cosechas fue $rm = 0,77$, con una precisión selectiva de 0,88. La selección y clonaje de los diez mejores individuos lograría una ganancia de 237,5%, elevando la productividad media anual de frutos por planta de 7,75 para 26,17 kg/año. Otro análisis con camu-camu de la Amazonía peruana lo efectuaron Oliva y Chura (2010) con 28 procedencias de Loreto y un total de 770 plantas. El análisis fue de cuatro cosechas consecutivas con el programa SELEGEN-REML/BLUP- MODELO 63. Encontraron que la repetibilidad individual para el rendimiento de frutos en $kg.planta^{-1}$ fue $r = 0,19$ que a la cuarta cosecha fue de $rm = 0,49$ con exactitud selectiva de 0,70. A partir de esta estimación se puede inferir que la heredabilidad del carácter producción es 0,16 considerada moderada (Pinedo y Alves, 2019).

Para evaluaciones futuras en el programa de mejoramiento genético, el número ideal de mediciones por planta puede ser determinado, en función de la exactitud de la selección y la determinación. Deseando una exactitud de 77% en la selección, o sea 59% de determinación, indica que se debe evaluar 6 cosechas por planta. Esto propicia una eficiencia de 1,75 (superioridad de 75%) en relación al uso de apenas una cosecha. La selección de las mejores plan-

tas fue considerando el 30% de autofecundación para evitar efecto de endogamia en la nueva población y, la clonación de los 20 mejores individuos deberá propiciar ganancia genética de 143,5%, elevando la productividad media anual por planta de 6,70 para 16,30 (Pinedo y Alves, 2019).

Para el camu-camu arbóreo *Myrciaria floribunda*, Araujo (2012) estimó la repetibilidad y correlación fenotípica en caracteres físicos y físico-químicos de los frutos. Los coeficientes de repetibilidad para características físicas del fruto demostraron alto nivel permitiendo en cinco mediciones coeficientes de determinación encima del 90%; excepción hecha para rendimiento de pulpa que requeriría 45 mediciones para alcanzar un 90% de confiabilidad. Las estimativas de los coeficientes de repetibilidad para los caracteres químicos presentaron mayor regularidad con excepción del pH y vitamina C con número de mediciones entre 10 y 22 para obtener una precisión mayor de 90%, demostrando no ser viable el número de mediciones y una necesidad de métodos más estables y precisos. Como ya fue advertido, el contenido de ácido ascórbico presenta una baja heredabilidad, por ejemplo, de $h^2_g = 0,0025$ (Pinedo *et al.*, 2011; Pinedo y Alves, 2019), lo cual podría explicar la baja repetibilidad de este carácter.

También fueron aplicados métodos REML-BLUP (Resende y Duarte, 2007) por Galveas (2012) en piñón manso (*Jatropha curcas* L). El número de repeticiones (cosechas) necesarias para alcanzar un elevado grado de repetibilidad (80 a 90%) varió de 1 (Da Silva *et al.*, 2012) a 18 (Magalhaes *et al.*, 2010) dependiendo de la variable. La eficiencia de la variable para estimar el grado de repetición depende de la influencia del ambiente. En otras palabras, la capacidad de control genético, como expresión de la heredabilidad de una determinada variable, define la implicancia de los factores ambientales. Si esta es de alto nivel, el mejoramiento genético no tendrá más implicancia que el ambiental o agronómico para mejorarla. Por ejemplo, para el caso de contenido de ácido ascórbico (de baja heredabilidad) es pertinente atender los requerimientos de fertilidad del suelo relacio-

nados con dicha característica (Pinedo y Alves, 2019).

Al aplicar en nuestro estudio otros seis métodos de análisis de repetibilidad para las diez cosechas mediante el Programa GENES (Cruz y Regazzi, 1997) los índices más favorables tanto para rendimiento como peso de fruta se obtuvieron mediante los métodos de componentes principales con covarianza (Tablas 5). Para dicho método para lograr un coeficiente de determinación de $r^2=0,80$ se requerirían 13 cosechas para la variable rendimiento de fruta y 26 cosechas para la variable peso promedio de fruta. Los otros cinco métodos muestran un número de mediciones inviábiles por ser demasiado grandes.

En la búsqueda de formas más eficientes para evaluar y seleccionar caracteres se aplicaron diferentes métodos de repetibilidad tales como: análisis de varianza aplicado por Degenhardt *et al.* (2002) en guayaba serrana *Acca sellowiana* (O.Berg) Burret, Peixoto *et al.* (2013) con murici (*Byrsonima dealbata* Griseb) y DoVale *et al.* (2011) aplicado en ata (*Annona squamosa* L.); componentes principales mencionado por Cavalcante *et al.* (2012) para el casho (*Anacardium occidentale* L.); Matsuo *et al.* (2012) en soya (*Glycine max* L.) Merrill; Gomes (2003) en mango (*Mangifera indica* L.); y el análisis estructural, propuesto por Mansour *et al.* (1981) considerado el más adecuado para estimar el coeficiente de repetibilidad cuando, a lo largo de las evaluaciones, los genotipos presentan comportamiento cíclico.

El análisis estructural presenta diferencias conceptuales en relación al método de componentes principales y, según sus autores, es más apropiado cuando las varianzas en las diversas mediciones, no son homogéneas (Da Silva *et al.*, 2012), aplicado por Chia *et al.* (2010) con palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) y Danner *et al.* (2010) que lo aplico en arazá (*Prunus salicina* Lindell) y pitanga (*Prunus persica* L. Batsch). Casos como el de Silva *et al.* (2016) han preferido mayor intervención recurriendo a cruces inducidos aplicados a la Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) logrando mayor rendi-

miento y calidad de fruta por selección individual a partir de segregantes.

En cuanto a las selecciones efectuadas en el presente ensayo basadas en el Programa SELEGEN REML/BLUP, las que se refieren al rendimiento de fruta (Tabla 4) apreciamos una congruencia satisfactoria por la similitud de los individuos seleccionados. Entre los años 2007-2011 se efectuó una selección manual según el número de años consecutivos en que las plantas ocupaban los primeros lugares en cuanto a los descriptores y el ideotipo. Las plantas seleccionadas en ese entonces por 3 a 4 cosechas fueron NY0518, NY0805, Pc0922, TT0725 y Pc0504 y todas ellas se encuentran entre las seleccionadas por el programa estadístico. Están entre estas, algunas que no fueron seleccionadas en forma manual que serían aquellas que la selección manual no alcanzó a ver como por ejemplo Pc0511 y NN0202 (Pinedo y Alves, 2019).

CONCLUSIONES

La aplicación en el presente estudio de análisis de repetibilidad mediante programas estadísticos principalmente SELEGEN REML/BLUP, ha permitido fortalecer el método para seleccionar genotipos superiores de camu-camu por medio de adicionar o excluir entre los individuos seleccionados, plantas que no habían sido detectadas mediante la selección manual o pruebas de medias tanto para procesos anuales o multianuales. Permitió un análisis dinámico basado en algoritmos estadísticos hacia la selección con base de datos multianual, cuyo enfoque integral se dificulta al aplicar métodos convencionales (manuales o pruebas de medias). También por otro lado el análisis permitió confirmar la superioridad de individuos que repetidamente mostraron niveles deseables respecto a marcadores morfológicos priorizados (rendimiento y peso promedio de fruta).

Para rendimiento de fruta a los diez años de evaluación se obtuvo un $r=0,045$, rm de 0,322, precisión selectiva de 0,567 y eficiencia de 2,66 y los primeros diez individuos selecciona-

dos son: Pc0511, NN0202, NN0907, NY0805, NY0413, Ct0316, Pc0504, Ct0818, NY0518 y PC0421.

Respecto al peso promedio de fruto con 10 mediciones, se calculó un $r=0,218$, $rm=0,736$ con precisión selectiva de 0,85, eficiencia de 1,83 y los individuos seleccionados son: Ct0107, Pc0511, PC0913, PC0602, TH0215, TH0105, TT0725, TH0622, Pc1014 y PC0129. Un individuo recombinante natural (rendimiento x peso de fruto) es Pc0511 procedente del río Putumayo y población Coto.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a CAPES y CNP por la beca otorgada al primer autor de la investigación y al CNPq por la beca de productividad al investigador Edvan Chagas. También al IIAP por apoyar el desarrollo de la investigación sobre camu-camu y la formación doctoral del autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, R. C., Alves, Ch. E., Paes, A. F., Matthews, D. P., Del Castillo, T. D., Pinedo, P. M., Correa, S. V. y Sanchez, Ch. J. (2015a) Genotype and Grafting Techniques Effects on Survival and Growth of Camu-Camu Plants. *Journal of Agricultural Science*, 7 (6), 160-170.
- Abanto, R. C., Pinedo, P. M., Costa, S. T., Remuzco, F. R., Paredes, D. E. y Rosello, T. E. (2015b) Fuentes de boro en producción del fruto de camu-camu en suelos aluviales de Ucayali. *Folia Amazónica*, 24 (1), 33-38.
- Abanto, R. C., Pinedo, P. M., Alves, Ch. E., Cardoso, Ch. P., Tadashi, S. R. y Santos, M. P. (2016) Relation between the mineral nutrients and the Vitamin C content in camu-camu plants (*Myrciaria dubia*) cultivated on high soils and flood soils of Ucayali, Peru. *Scientia Agropecuaria*, 7 (3), 297-304.
- Abanto, R. C., Soregui, M. G., Pinedo, P. M., Velazco, C. E., Paredes, D. E. y Madeiros, O. E. (2019) Uso de biofertilizantes en el de-

sarrollo vegetativo y productivo de plantas de camu-camu en Ucayali. *Revista Ceres*, 66 (2), 77-81.

- Bardales, L. R., Alves, Ch. E., Smiderle, O., Abanto, R. C., Cardoso, Ch. P., Barbosa, M. A. et al. (2016) Genetic Divergence among Camu-Camu Plant Populations Based on the Initial Characteristics of the Plants. *Journal of Agricultural Science*, 8 (11), 51-58.
- Braga, R. M., Cardoso, Ch. P., Mello, V. J., Alves, Ch. E., Pinedo, P. M., Bardales, L.R. et al. (2018) Cadeia de produção do camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) Mc Vaugh): O caso das regiões produtoras de Loreto e Ucayali na Amazônia Peruana. *Interciencia*, 43 (4), 261-268.
- Carias, C. M., Oliveira, M., Gravina, G. A., Ferrão, M. G. y Fonseca, A. A. (2016) Predição de ganhos genéticos via modelos mistos em progênies de café Conilon. *Coffee Science*, 11 (1), 39-45.
- Chia, G. S., Lopes, R., Vieira, C. R., Carvalho, R. N., Chirinos, R., Galarza, J. et al. (2010) Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. *Food Chemistry*, 120 (4), 1019-1024.
- Correa, S. V., Del Castillo, T. V., Inga, S. H., Paredes, D. E. y Pinedo, P. M. (2019) *Agroforesteria familiar inundable; procesos de adaptación al medio ambiente en Loreto*. Ministerio del Ambiente. IIAP. 1ª ed.
- Cruz, C. D. y Regazzi, A. J. (1997) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2da. ed. Universidade Federal de Vicosa.
- Cruz, C. D., Regazzi, A. J. y Carneiro, P. S. (2004) *Modelos Biométricos Aplicados Ao Melhoramento Genético*. Universidade Federal de Vicosa. V 1. 3ra. ed.
- Cruz, C. D. (2006). Programa Genes: *Biometria: estatística experimental e matrizes*. Editora Universidade Federal de Vicosa. (MG). 1ª. ed.
- Da Silva, N. J., Saraiva, L., Oliveira, T. K. y Costa. J. G. (2012) Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em laranjeiras doces no Acre. *Journal of Experimental Botany*, 63 (11), 4045-4060.

- Danner, M. A., Raseira, M. B., Sasso, S. Z. y Sca-riot, I. S. (2010) Repetibilidade de caracte-res de fruto em araçazeiro e pitangueira. *Ciência Rural*, 40 (10), 2086-2091.
- Díaz-Cordova, C., López, L. E., Del Aguila, P. J., Paredes, D. E., Pinedo, P. M. y Abanto, R. C. (2015) Almacenamiento de carbono en individuos de camu camu arbustivo [*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh] plantados en el centro experimental San Miguel, Iquitos, Perú. *Folia Amazónica*, 24 (1), 83-90.
- DoVale, J. C., Lima, P. S., Silva, G. S., Mariguel, K. H. y Fritsche-Neto, R. (2011) Repeatability and number of growing seasons for the selection of custard apple progênies. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 11:59-63.
- Durand, V. J., Pinedo, P. M., Paredes, D. E., Zumba, L. C., Romero, V. L., Bardales, L. R. et al. (2017) Methods of pruning and stand-thinning in a floodable camu-camu plot. *Journal of applied biology & biotechnology*, 5 (2), 1-7.
- Farias, N. T. y Resende, V. M. (2001) Aplicação da metodologia de modelos mistos (Reml/Blup) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23 (2).
- Gomes, C. J. (2003) Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em Mangueira. *Ciência Rural*, 33 (2), 263-266.
- Maia, C. M., Almeida, S. A., Macedo, M. L., Resende, M. D. V., Lacerda, M. N., Vasconcelos, L.F.L., et al. (2016) Heritabilidad, repetibilidad y ganancias genéticas en una población de mejora de cajuízeiro. *Revista Árvore*, 40 (4), 715-722.
- Mathews, D. J. P., Yuyama, K. y Revilla, C. J. (2016) Does A Greater Number Of Branches Improve Initial Fruit Production In Camu-Camu? A Test under Different Types of Plantations and Cropping Management. *Fruits*, 71 (1), 7.
- Matias, R. P., Silva, D. P., Miranda, P. D., Oliveira, J. A., Pimentel, L. Duarte, B. et al. (2016) Relationship between fruit traits and contents of ascorbic acid and carotenoids in peach. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 16 (4), 348-354.
- Matsuo, E. I., Sedyama, T., Cruz, D. C. y Cássia, T. R. (2012) Análise da repetibilidade em alguns descritores morfológicos para soja. *Ciência Rural*, 42 (2), 189-196.
- Mendoza, R. O., Picón, B. C., Gonzáles, T. J., Cárdenas, M.R., Padilla, T. C., Mediavilla, G. M. et al. (1989) *Informe de la expedición de recolección de germoplasma de camu-camu (Myrciaria dubia) en la Amazonia Peruana*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial.
- Oliva, C. C. y Resende, V. M. (2008) Mejoramiento genético y tasa de autofecundación del camu-camu arbustivo en la Amazonía peruana. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30 (2), 450-454.
- Padilha, M. O., Da Costa, L. G. y Fernandes, L. (2001) Repetibilidade De Caracteres Do Cacho De Açazeiro Nas Condições De Belém-Pa1. *Revista Brasileira Fruticultura*, 23 (3), 613-616.
- Panduro, T. N., Huamani, Y. H. y Sanchez, E. M. (2016) Concentration and Extraction of Nutrients and Heavy Metals in Seasonal Biomass and the Harvest of *Myrciaria dubia* (HBK) in an Entisols of Yarinacocha. *Infini-tum*, 6 (1), 1-9.
- Peixoto L. I., Figueiredo R. W., Alves, R. E., Souza, F. A. y Herbster M. F. (2013) Caracterização de frutos de genótipos de muricizeiros cultivados no litoral cearense. *Revista Ciência Agronômica*, 44 (3), 499-504.
- Pinedo, P. M., Riva, R. R., Rengifo, S. E., Delgado, V. C., Villacres, V. J., Gonzales, C. A. et al. (2001) Sistema de producción de camu-camu en restinga. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos. Perú.
- Pinedo, P. M., Alves, Ch. E., Paredes, D. E., Abanto, R. C., Bardales, L. R., Cardoso, Ch. P. et al. (2017a) Selection of Superior Genotypes in 37 Clones of Camu-Camu by Repetitivity Analysis. *Journal of Agricultural Science*, 9 (6), 175-187.
- Pinedo, P. M., Bardales, L. R., Vásquez, B. J., Paredes, D. E., Abanto, R. C y Ríos, R. C. (2017b) Ethological control of *Conotrachelus dubiae* in camu-camu fruits [*Myrciaria dubia* (Kunth) H.B.K.]. *Journal of Advances in Agriculture*, 7 (4), 1162-1167.

- Pinedo, P. M. y Alves, Ch. E. (2019) *Selección de genotipos superiores en colecciones ex situ de camu-camu*. Editorial Académica Española.
- Pinedo, P. M. y Paredes, D. E. (2019) *Manual de defoliación del camu-camu en áreas inundables*; Manual Técnico. IIAP.
- Pinedo, P. M., Paredes, D. E. y Abanto, R. C. (2019) *Técnicas agronómicas prioritarias del camu-camu; 3 manuales del productor*. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.
- Pinedo, F. S., Iman, S., Pinedo, P. M., Vasquez, M. A. y Collazos, S. H. (2011) Clonal trial of five genotypes of camu-camu, *Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh, in non-flooded area. *African Journal of Plant Science*, 5 (1), 40-46.
- Pinedo, P. M., Delgado, C., Farroñay, R., Del Castillo, D., Iman, S., Villacres, J. et al. (2010) Camu-camu (*Myrciaria dubia*, Myrtaceae); *Aportes para su aprovechamiento sostenible en la Amazonía Peruana*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú.
- Pinedo, P. M., Linares, B. C., Mendoza, H. y Anguiz, R. (2004) *Plan de Mejoramiento Genético de Camu-camu*. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-IIAP. Iquitos. Perú.
- Pinedo, P. M. y Paredes, D. E. (2011) Evaluación preliminar de 108 progenies precoces de camu-camu *Myrciaria dubia* (Myrtaceae) en Loreto, Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica*, 20 (1-2), 77-82.
- Pinedo, P. M., Zumba, L. C., Paredes, D. E., Ramírez, Ch. J., Abanto, R. C., Durand, V. J. (2018) Defoliation and Pre-harvest Drop of Camu-Camu Fruits in Floodable Area. *Journal of Advances in Agriculture*, 8 (1), 1350-1373.
- Pinedo, P. M., Paredes, D. E., Abanto, R. C., Bardales, L. R. y Alves, C. E. (2014) Selección temprana de plantas de (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) camu-camu, en un ensayo de progenies de polinización abierta. *Folia amazónica*, 23 (1), 39-48.
- Resende, V. M. (2002) *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- Resende, V. M. (2007) *SELEGEN-REML/BLUP; Sistema Estatístico e Selecao Genetica Computadorizada via Modelos Lineares Mistos*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Embrapa Floresta.
- Silva, W., Gómez, P., Viera, W., Sotomayor, A., Viteri, P. y Ron, L. (2016) Selección de líneas promisorias de naranjilla para mejorar la calidad de la fruta. *Revista Científica Ecuatoriana* 3, 23-30.
- Šmíd, J., Kalousová, M., Mandák, B., Houška, J., Chládová, A., Pinedo, P. M. et al. (2017) Morphological and genetic diversity of camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] in the Peruvian Amazon. *PLOS ONE*, 12 (6), 1-15.
- Solis, B. J., Zamarripa, C. A., Pecina, Q. V., Garrido, R. E. y Hernandez, G. E. (2015). Agromonic evaluation of cocoa hybrids (*Theobroma cacao* L.) for high-yield selection and field resistance to moniliasis. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6 (1), 71-82.
- Vasconcelos, C. J. y Vilela, R. M. (2010) Seleção precoce intensiva: uma nova estratégia para o programa de melhoramento genético do cajueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32 (4), 1279-1284.

Conflicto de interés

Los autores del presente artículo declaramos: Que no existe ningún conflicto de intereses en cuanto a la publicación en cuestión. Que estamos de acuerdo con el orden en la que aparecen los autores. Y que concordamos en que Mario Pinedo Panduro sea el autor para correspondencia.