



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE
E BIOTECNOLOGIA DA REDE BIONORTE



SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES EM COLEÇÕES *ex situ* DE CAMU-CAMU
[[*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] DA AMAZONIA PERUANA

MARIO HERMAN PINEDO PANDURO

Boa Vista - RR
AGOSTO/2017

MARIO HERMAN PINEDO PANDURO

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES EM COLEÇÕES *ex situ* DE CAMU-CAMU
[*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] NA AMAZONIA PERUANA

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE, na Universidade Federal de Roraima, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador: Pesq. Dr. Edvan Alves Chagas

Coorientadores: Profa. Dra. Pollyana Cardoso Chagas

Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo

Boa Vista - RR

AGOSTO/2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

P189s Panduro, Mario Herman Pinedo
Seleção de Genótipos superiores em coleções ex situ de Camu-Camu
[[*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] da Amazonia Peruana / Mario Herman Pinedo
Panduro – Boa Vista, 2017.
141 f.: il.

Orientador: Pesq. Dr. Edvan Alves Chagas.
Coorientadores: Profa. Dra. Pollyana Cardoso Chagas.
Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Roraima, Programa Pós
Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal.

1 – Fruteira nativa. 2 – Melhoramento genético. 3 – Repetibilidade. 4 – Ácido
ascorbico. I – Título. II – Chagas, Edvan Alves (orientador). III – Chagas,
Pollyana Cardoso (coorientadora). IV – Melo, Valdinar Ferreira (coorientador).

CDU – 634.42

MARIO HERMAN PINEDO PANDURO

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES EM COLEÇÕES *ex situ* DE
CAMU-CAMU [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] NA AMAZONIA PERUANA

Tese de doutorado apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Biodiversidade e
Biotecnologia da Rede BIONORTE, na
Universidade Federal de Roraima, como
requisito parcial para a obtenção do Título de
Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador: Pesq. Dr. Edvan Alves Chagas

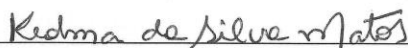
Coorientadores: Profa. Dra. Pollyana Cardoso Chagas

Prof. Dr. Valdinar Ferreira Melo

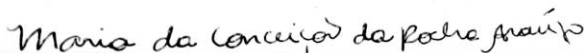
Banca Examinadora



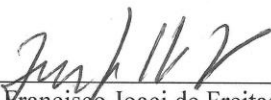
Pesq. Dr. Edvan Alves Chagas
Orientador - Embrapa Roraima



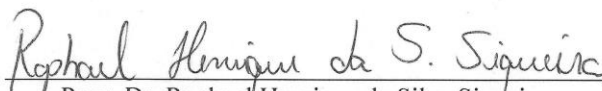
Pesq. Dra. Kedma da Silva Matos
Embrapa Roraima



Pesq. Dra. Maria da Conceição da Rocha Araújo
CAPES/Embrapa



Pesq. Dr. Francisco Joaci de Freitas Luz
Embrapa Roraima



Pesq. Dr. Raphael Henrique da Silva Siqueira
CAPES/PNPD/UFRR

As pessoas que trabalham e lutam por um mundo melhor e sustentável

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

À divina essência cósmica por me permitir alcançar este objetivo

Ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte pela oportunidade de realização do curso;

A CAPES, através do Projeto: SAC/PRO-AMAZONIA-CAPES-UFRR, pela bolsa de estudo concedida;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária pela disponibilidade do espaço físico e apoio na condução dos experimentos. Meus agradecimentos aos técnicos de viveiro da EMBRAPA-Roraima Adibaldo Sampaio Teles e Hugo Moreira da Costa para a sua generosa e acolhedora ajuda. Eles são meus conselheiros também;

Agradecimentos especiais e apreço ao Dr. Edvan Alves Chagas, meu conselheiro, por seu incentivo e dedicação para o sucesso da pesquisa e da atividade frutífera para o estabelecimento de camu-camu em Roraima;

Ao Comitê orientador, Prof. Dr. Valdinar Ferrerira Melo e Profa. Dra. Pollyana Cardoso Chagas pela oportunidade de convívio e crescimento profissional;

Aos professores e colegas no INPA e UFAM (Manaus) pelo apoio e momentos agradáveis compartilhados durante as disciplinas, especialmente a Charles Clement e John Mathews;

Sem o apoio dos diretivos do Instituto de Pesquisas da Amazônia Peruana (IIAP), para obter a licença de estudo, me teria sido impossível realizar o Curso, meus eternos agradecimentos a eles: Dennis Del Castillo, Keneth Reategui e Luis Campos. Meu apreço e gratidão pelos colegas Sanna Rocha, Ricardo Bardales, Elvis Paredes e Carlos Abanto, o seu empenho e energia juvenil foi um grande aliado na tarefa; incluo aqui a minha filha Brenda pelo seu apoio na estruturação do texto.

A INNOVATE-PERU pelo apoio mediante o CONVENIO 403-PNICP-PIAP-2014 que me permitiu custear uma parte complementar mediante sequenciamento de DNA de plantas superiores deste estudo.



Cancion dedicada al camu-camu Iquitos-Perù 2009

Autor: Mario Pinedo

Tu y las aguas frescas
del rio quietado
fuimos buenos amigos
en la cocha jugando
juntos vimos y oimos
lo mismo al nacer
al costado del bosque
te gustaba crecer

La tierra y el sol
regalando calor
restingas en flor
fortaleciendo mi amor

Han pasado los años
sembrando sudor
y los frutos soñados
ya tiene color
rojo oscuro en mi corazón

Ahora juntos miramos
en la oscuridad
esa luz que llegando
nos enseñara
nuevos rumbos de libertad

El rio va crecer...y va traer
tierra nueva del amanecer
verde es la esperanza
que al madurar
es purpura
es purpura.

Juntos vimos y oímos
el polen zumar
y los peces llevando, tu mensaje estelar
me enseñaste que todo
prospera en la luz
lo valioso del tiempo
esos años de juventud, la tierra y el sol....

“A ciência sem a religião é manca, a religião sem a ciência é cega”.

Albert Einstein (1879 – 1955)

PANDURO, Mario Herman Pinedo. Seleção de genótipos superiores em coleções *ex situ* de camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] da Amazonia Peruana. 2017. 141f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia). Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2017.

RESUMO

Objetivou-se com o trabalho selecionar genótipos superiores em coleções *ex situ* de camu-camuzeiro [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] da Amazônia Peruana. Para tal, foram avaliados indivíduos de camu-camu e selecionados genótipos promissores em termos de produtividade, precocidade, peso do fruto, teor de vitamina C e tolerância ao gorgulho do fruto. Os indivíduos foram analisados sem delineamento experimental, com desenho inteiramente casualizado e em blocos ao acaso, com número variável de repetições (4-10). Aplicou-se o programa estatístico SELEGEN (Reml/Blup) para analisar a repetitividade de colheita (3 a 10 anos). Foram selecionados parentais com elevada produtividade, peso do fruto e elevado teor de ácido ascórbico em quatro grupos de coleções e testes genéticos. Depois de 10 anos de avaliação do rendimento do fruto em 115 famílias de cinco bacias, o índice de repetição foi de $r=0,322$ e foram selecionados os indivíduos: Pc0511, NN0202, NN0907, NY0413 e NY0805. Para o peso médio dos frutos foi calculado um $r = 0,736$ e selecionados os indivíduos Ct0107, PC0511, PC0913, PC0602 e TH0215. Na avaliação de 37 clones para rendimento dos frutos foi obtido um $r=0,117$, onde foram selecionados os clones 69, 48, 58, 50 e 61. Para peso médio dos frutos o valor de r atingiu 0,69 com a seleção dos clones 44, 13, 26, 23 e 69. No que diz respeito ao teor de ácido ascórbico, os clones 48, 32 e 35 foram superiores com mais de 2000 mg.100 g. para seleção de genes para precocidade, 108 progênies precoces pre-selecionados foram avaliados e $r_m = 0,15$ foi conseguida depois de três colheitas para rendimento dos frutos, com seleção das plantas: 98-1, 206-6, 98-12, 229-3 e 44-12. Para a tolerância ao gorgulho foram selecionados os clones: 51-2, 164-3, 220-10, 10-12 e 98-1. Ao avaliar 43 progênies avançadas, de acordo com o rendimento de frutos os indivíduos que se destacaram foram: TT0725-9, TT0812-5, TT0725-4, Pc0504-5 e BMC1-8; e recombinante natural para o rendimento/peso da fruta: TT0725-4 e a planta 64-8 destacaram-se para rendimento/peso da fruta/ácido ascórbico. Os descritores que possuem um maior controle genético ($r \geq 0,30$) são peso médio de frutos, graus Brix, altura da planta, número de ramos basais e comprimento do pecíolo. Além do critério de herança e correlação, a índice de semelhança foi proposto e considera-se que a variável "altura da planta" é o descritor mais adequado para prever o desempenho. Os presentes resultados reforçam a importância da investigação a longo prazo de genótipos superiores de camu-camu.

Palavras-chave: Fruteira Nativa, Melhoramento Genético, Repetibilidade, Ácido ascorbico.

PANDURO, Mario Herman Pinedo. Selection of superior genotypes in *ex situ* collections of camu-camu [*Myrciaria dúbia* (Kunth) McVaugh] from Peruvian Amazonia. 2017. 141 p. Tesis (Doctoral degree in Biodiversity and Biotechnology). Federal University of Roraima, Boa Vista, 2017.

ABSTRACT

The aimed of this study selection high genotypes *ex situ* collections of camu-camuzeiro [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] from the Peruvian Amazon. Thus, camu-camu individuals were evaluated and selected promising genotypes in terms of productivity, precocity, fruit weight, vitamin C and tolerance to fruit weevil. They were analyzed, without delineation, with entirely randomized design and in randomized blocks, with variable number of repetitions (4 to 10). The SELEGEN-Reml/Blup statistical program was applied to analyze the harvest repeatability (3 to 10 years). Parental samples were selected with high productivity, fruit weight and ascorbic acid content in four sets of collections and genetic tests. After 10 years of evaluation of fruit yield in 115 families from five basins, the repetitiveness index was $r = 0.322$ and individuals P0511, NN0202, NN0907, NY0805 and NY0413 were selected. For the average fruit weight we calculated $r = 0.736$, and selected individuals Ct0107, PC0511, PC0913, PC0602 and TH0215. In the evaluation of 37 clones for fruit yield a $r = 0.117$ was obtained where clones 69, 48, 58, 50 and 61 were selected. For the average fruit weight, the r reached 0.69 with the selection of the clones 44, 13, 26, 23 and 69. Regarding the ascorbic acid content the clones 48, 32 and 35 occupied the first places with more than 2000 mg/100 g. In the search for genes for precocity, 108 pre-selected progenies were evaluated as early and after 3 harvest an $r_m = 0.15$ was obtained for fruit yield with the selection of plants: 98-1, 206-6, 98-12, 229-3 and 44-12. For their tolerance to fruit weevil, individuals 51-2, 164-3, 220-10, 10-12 and 98-1 were selected. When evaluating 43 advanced progenies for fruit yield, highlighted the individuals: TT0725-9, TT0812-5, TT0725-4, Pc0504-5 and BMC1-8. Natural recombinant individual for fruit yield/weight is TT0725-4 and the plant 64-8 for yield/fruit weight/ascorbic acid. The descriptors of greater genetic control ($r \geq 0.30$) resulted: average fruit weight, brix degrees, plant height, number of basal branches and petiole length. In addition to the criteria of heritability and correlation, the similarity criterion is proposed. It is considered that the variable "plant height" is the most adequate to predict the yield of fruit. The present results reinforce the importance of the long term investigation of superior camu-camu genotypes.

Keywords: Native Fruit, Genetic Improvement, Repetitiveness, Ascorbic acid

PANDURO, Mario Herman Pinedo. Selección de genotipos superiores en colecciones *ex situ* de camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] de la Amazonia Peruana. Tesis (Doctorado en Biodiversidad y Biotecnología) Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2017. 141p.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue la selección de genotipos superiores en colecciones *ex situ* del camu-camuzeiro [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] de la Amazonia Peruana. Así, fueron evaluados y seleccionados genotipos promisorios en términos de productividad, precocidad, peso de fruto, tenor de vitamina C y tolerancia al gorgojo del fruto. Los individuos fueron analizados sin delineamiento experimental, con diseño completamente aleatorizado y en bloques al azar, con número variable de repeticiones (4-10). Se usó el programa estadístico SELEGEN (Reml/Blup) para analizar la repetitividad de cosecha (3 a 10 años). Fueron seleccionados parentales con elevada productividad, peso de fruto y elevado tenor de ácido ascórbico en cuatro grupos de colecciones y pruebas genéticas. Después de 10 años de evaluación del rendimiento de fruta en 115 familias de cinco cuencas, el índice de repetición fue $r=0,322$ y fueron seleccionados los individuos: Pc0511, NN0202, NN0907, NY0413 e NY0805. Para el peso promedio del fruto fue calculado un $r=0,736$ y seleccionados los individuos Ct0107, PC0511, PC0913, PC0602 e TH0215. En la evaluación de 37 clones para rendimiento de fruta fue obtenido un $r=0,117$, y fueron seleccionados los clones 69, 48, 58, 50 e 61. Para peso medio de fruto el valor de r alcanzó 0,69 con la selección de los clones 44, 13, 26, 23 e 69. En cuanto al tenor de ácido ascórbico los clones 48, 32 y 35 fueron superiores con más de 2000 mg.100 g. Buscando genes para precocidad, 108 progenies precoces preseleccionadas fueron evaluadas y $r=0,15$ fue conseguido después de tres cosechas para rendimiento de fruta, con selección de las plantas: 98-1, 206-6, 98-12, 229-3 y 44-12. Para tolerancia al gorgojo del fruto fueron seleccionados los clones: 51-2, 164-3, 220-10, 10-12 y 98-1. Al evaluar 43 progenies avanzadas, de acuerdo con el rendimiento de frutos destacaron los individuos: TT0725-9, TT0812-5, TT0725-4, Pc0504-5 y BMC1-8. Como recombinantes naturales destacaron TT0725-4 para rendimiento y peso de fruto y 64-8 para rendimiento, peso de fruta y ácido ascórbico. Los descriptores con mayor control genético ($r \geq 0,30$) son peso promedio de fruto, grados Brix, altura de planta, número de ramas basales y longitud de pecíolo. Además del criterio de heredabilidad y correlación, fue propuesto el índice de similitud y se considera que la variable altura de planta es el descriptor más adecuado para prever el rendimiento de fruta. Los resultados obtenidos refuerzan la importancia de la investigación a largo plazo de genotipos superiores de camu-camu.

Palabras-clave: Frutal Nativo, Mejoramiento Genético, Repetitividad, Acido ascorbico.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I. Repetitvity analysis in a ex situ collection from five basins of camu-camu of Peruvian Amazonia.

Figura 1	Mapa de ubicación geográfica de poblaciones de camu-camu muestreadas en las cinco cuencas	52
Figura 2	Rendimiento de los genótipos de camu-camu de las five cuencas, Loreto, Perú.	66
Figura 3	Peso de fruto de genótipos de camu-camu procedentes de las cinco cuencas, Loreto, Perú	66

Capitulo II. Selection of Superior Genotypes in 37 Clones of camu-camu by Repetitvity Analysis

Figure 1	Yield of fruit in 37 clons of camu-camu	86
----------	---	----

Capítulo III. Selección temprana de plantas de [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] del camu-camu en un ensayo de progenies de polinizacion abierta

Figura 1	Ubicación del Centro San Miguel (CESM) – IIAP.....	101
Figura 2	Croquis de distribucion de 108 progenies con 4 repeticiones y tres plantas por unidad experimental. Centro Experimental San Miguel – IIAP – Iquitos – Loreto - Perú.....	102

Capitulo IV. Selección individual en 43 progenies avanzadas de camu-camu en área inundable de la amazonia peruana

Figura 1	Rendimiento de fruta de 10 mejores individuos 4 años después	118
Figura 2	Rendimiento promedio de fruta de camu-camu en 43 progenies.	118
Figura 3	Peso promedio de fruto (g) en 43 progenies de camu-camu.	119
Figura 4	Inicio de fructificación en 43 progenies de camu-camu.....	119
Figura 5	Indices de repetitividad (r) para 16 marcadores en 43 progenies de camu-camu	124
Figura 6	Nivel de similaridad porcentual entre los 20 individuos seleccionados con mayor rendimiento de fruta en comparación con los 20 individuos seleccionados por 15 descriptores.....	129

LISTA DE TABELAS

Capítulo I Repetitvity analysis in a ex situ collection from five basins of camu-camu of Peruvian Amazonia.

Cuadro 1	Procedencias de las muestras genéticas de camu-camu evaluadas, procedentes de 14 poblaciones en 5 cuencas de Loreto-Perú.....	53
Cuadro 2	Análisis de repetitividad del rendimiento (con ceros) de fruta durante 5 años	57
Cuadro 3	Análisis de repetitividad del rendimiento (sin ceros) de fruta durante 5 años en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.	57
Cuadro 4	Análisis de repetitividad del peso promedio de frutos (con ceros) durante 5 años	58
Cuadro 5	Análisis de repetitividad del peso promedio de frutos (sin ceros) durante 5 años en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.	59
Cuadro 6	Análisis de repetitividad del rendimiento de fruta (con ceros) durante 10 años en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.	61
Cuadro 7	Análisis de repetitividad del rendimiento de fruta (sin ceros) durante 10 años en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.	62
Cuadro 8	Análisis de repetitividad del peso de fruto (con ceros) durante 10 años en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.	63
Cuadro 9	Análisis de repetitividad del peso de fruto (sin ceros) durante 10 años en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.	64
Cuadro 10	Resumen del análisis de repetitividad para rendimiento y peso de fruto con 5 y 10 años de evaluación e inclusión/ exclusión de ceros en el cálculo.....	65
Cuadro 11	Selección de plantas superiores de camu-camu según criterios priorizados	67
Cuadro 12	Componentes de varianza (reml individual) y heredabilidad para cuatro variables en evaluación de cosecha de camu-camu (año 2013).....	68
Cuadro 13	Orden de mérito individual de 20 plantas de camu-camu, según el “peso promedio de fruto” (cosecha 2013).....	69
Cuadro 14	Orden de mérito del 20 mejores plantas, según el rendimiento de fruta (año 2013) en colección de camu-camu procedente de 5 cuencas.....	70
Cuadro 15	Individuos seleccionados según el rendimiento de fruta sobre colección de 5 cuencas de camu-camu.	71
Cuadro 16	Individuos seleccionados según el peso de fruto sobre colección de 5 cuencas de camu-camu.....	72
Cuadro 17	Individuos seleccionados segun descriptores vegetativos, acido ascórbico y tolerância al gorgojo del fruto (<i>conotrachelus dubiae</i>) sobre colección de camu-camu de 5 cuencas.	73
Cuadro 18	Análisis de repetitividad con seis modelos estadísticos para rendimiento de fruta sobre colección de camu-camu de 5 cuencas.	74
Cuadro 19	Analisis de repetitividad con seis modelos estadísticos para peso de fruta sobre colección de camu-camu de 5 cuencas.	74

Capítulo II. Selection of Superior Genotypes in 37 Clones of Camu-camu by Repetitivy Analysis

Table 1	Analysis of variance of vegetative variables, flowers and fruits of 37 camu-camu clones.	85
Table 2	Repetitivity analysis for five-year yield of 37 camu-camu clones	87
Table 3	Repetitivity análisis for fruit weight of 32 camu-camu clones.....	89
Table 4	Selections comparison of camu-camu´s clones by test of medias and repetitivity analyze for yield and fruit weight.....	90
Table 5	Selections of the better ten clones of camu-camu on period 2005-2013.....	91

Capítulo III. Selección temprana de plantas de [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] del camu-camu en un ensayo de progenies de polinizacion abierta

Cuadro 1	Selección convencional (sin analisis estadístico) mediante variables vegetativas (*) de plantas individuales y progenies de camu-camu en comparativo de 108 progenies.....	104
Cuadro 2	Selección por “peso promedio de fruto” en 108 progenies precoces de camu-camu mediante apreciación directa y análisis de repetibilidad en los años 2011-2012.....	105
Cuadro 3	Eficiencia de m medidas para “peso promedio de fruto” en 108 progenies de camu-camu mediante analisis de repetibilidad.....	105
Cuadro 4	Selección individual y componentes de media para “peso de fruto” sobre 108 progenies de camu-camu a la tercera cosecha.....	106
Cuadro 5	Análisis de varianza e índice de heredabilidad en sentido estricto (h^2_a) de cuatro variables para 108 progenies de camu-camu con tres años de cosecha y 5 años de la plantación.....	107
Cuadro 6	Eficiencia del uso de tres cosechas con evaluación del rendimiento de fruta en 108 progenies de camu-camu.....	107
Cuadro 7	Selección de 13 plantas individuales y componentes de media (Blup individual) mediante análisis de repetibilidad en tres años (2010, 2011 y 2012) para rendimiento de fruta en 108 progenies de camu-camu.....	108
Cuadro 8	Selección de individuos y progênies del camu-camu, según la incidencia de <i>conotrachelus dubiae</i> (gorgojo do fruto) en el año 2012.....	109
Cuadro 9	Procedencia de plantas superiores seleccionadas por rendimiento de fruta luego de tres cosechas consecutivas 2010-2012 (Selegen Reml-Blup).....	109

Capítulo IV Selección individual en 43 progenies avanzadas de camu-camu en área inundable de la Amazonia Peruana

Cuadro 1	Procedencia de las 43 progenies de camu-camu evaluadas.....	114
Cuadro 2	Análisis de repetitividad de cuatro cosechas para “peso promedio de fruto” de 43 progenies de camu-camu.....	120

Cuadro 3	Análisis de repetitividad de cuatro cosechas para “rendimiento de fruta” de 43 progenies de camu-camu.	122
Cuadro 4	Resumen de análisis de repetitividad para 43 progenies de camu-camu.....	123

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Importância do camu-camu.....	18
2.1.1	Nutrição e Saúde (ácido ascórbico).....	18
2.1.2	Potencialidades para a indústria	20
2.1.3	Potencial económico e social das espécies.....	21
2.1.4	Propagação	22
2.2	Pragas principais	24
2.3	Melhoramento genético do camu-camu.....	26
2.3.1	Seleção e estimativa da repetibilidade em fruteiras	26
2.3.3	Avaliação de germoplasma	28
2.3.4	Características do idiótipo.....	31
3	OBJETIVOS	47
3.1	Objetivo Geral.....	47
3.2	Objetivos específicos	47
	CAPÍTULO I- Repetitivity analysis in a <i>ex situ</i> collection from five basins of camu-camu of Peruvian Amazonia	48
	Abstract	48
	Introducción.....	48
	Métodos	51
	Resultados.....	56
	Discusion	74
	Conclusiones.....	77
	Referencias	78
	CAPITULO II- Selection of Superior Genotypes in 37 Clones of Camu-camu by Repetitivy Analysis	81
	Abstract	81
	Introduction	81
	Methods	82
	Results	84

Discussion.....	92
Conclusions	93
References	93
CAPITULO III. Selección temprana de plantas de [<i>Myrciaria dubia</i> (Kunth) McVaugh] del camu-camu en un ensayo de progenies de polinización abierta	97
Resumen	97
Abstract	97
Introducción.....	98
Material y metodos	99
Análisis de heredabilidad.....	103
Resultados y discusión	103
Conclusiones.....	110
Bibliografía citada	110
CAPITULO IV-Selección individual en 43 progenies avanzadas de camu-camu en área inundable de la amazonia peruana	112
Abstract	112
Introducción.....	112
Material y métodos	113
Resultados.....	117
Discusión	130
Conclusiones.....	135
Referencias	136

1 INTRODUÇÃO

O camu-camu [*Myrciaria dúbia* (Kunth) McVaugh] é uma das frutíferas tipicamente amazônicas, que cresce na margem dos rios e lagos da bacia Amazônica e abrange os países do Brasil, Venezuela, Colômbia e Peru, com uma grande variabilidade intraespecífica (ZANATTA, 2005; DELGADO e YUYAMA, 2010; YUYAMA, 2011;). O seu habitat varia desde solos férteis da várzea do Peru, onde há influência direta dos sedimentos dos Andes, até solos muito pobres da praia de areia branca do Rio Negro (YUYAMA, MENDES e VALENTE, 2011).

Pelo seu alto nível de ácido ascórbico, antocianinas, pectina, sais minerais e outros metabólitos, atribuíram-se o seu efeito adstringente, anti-inflamatória, emoliente e nutritivo e é caracterizada por ter os níveis altos de beta-caroteno, cálcio, ferro, fósforo, niacina, riboflavina e tiamina (TAYLOR, 2001; ESASHIKA, OLIVEIRA e MOREIRA, 2011; YUYAMA, 2003; YUYAMA, MENDES e VALENTE, 2011).

O fruto dessa espécie é muito usado no preparo de refresco, sorvete, picolé, geléia, licor caseiro, xarope, xampu e iogurte (TEIXEIRA, CHAVES e YUYAMA, 2004; RODRIGUES et al., 2004; CHIRINOS et al., 2010; RIBEIRO, NASCIMENTO e ALMEIDA, 2010; AKTER et al., 2011; ESASHIKA, OLIVEIRA e MOREIRA, 2011;). Com isto a espécie, tornou-se uma alternativa viável ao desenvolvimento regional, melhorando a renda das comunidades rurais (PINEDO et al., 2001; WELTER et al., 2011).

A domesticação do camu-camu, já possui ações de pesquisa visando conseguir seu manejo e melhoramento, tanto no Brasil, como no Peru. Nos anos 70 foi notório o interesse das entidades governamentais do Peru por desenvolver atividades de pesquisa e em 1995 foi introduzido ao mercado japonês (PINEDO et al., 2004). Embora a demanda aumentasse nesse período, a pressão de extração ao meio natural, tornou-se um risco de erosão genética e impactos negativos sobre outros organismos e ao meio ambiente (PINEDO et al., 2001).

No Brasil, os trabalhos de prospecção de germoplasma, conservação e melhoramento são realizados pela Embrapa Amazônia (Oriental e Ocidental), Embrapa Roraima e Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (PINEDO et al., 2004; SCHWENGBER et al., 2010; CHAGAS et al., 2012a; CHAGAS et al., 2012b).

Neste contexto, existe um processo de avaliação das coleções núcleo, de testes de descendência e clones, instalados no Centro Experimental de San Miguel (CESM-IIAP) com 545 amostras de 11 bacias: Napo, Itaya, Putumayo, Nanay, Tigre, Curaray, Tahuayo, Yavari,

Mazan, Curaray e Tambor (PINEDO et al., 2012). Devido a sua precocidade, foram selecionadas as plantas: 21-12 (CESM), 222-1 (Napo / Yuracyacu), 26-1 (CESM), 210-11 (Napo / Nuñez), 114-8 (Itaya / Pelejo) e 211-12 (Curaray / Tan) com um rendimento de frutos entre 429 e 564 gramas.pl⁻¹ aos quatro anos de idade (PINEDO e PAREDES, 2011). No presente estudo foram usados os dados já obtidos desde 2001, quando as coleções mais antigas foram feitas, também incorporando esses dados obtidos durante o estudo de doutorado (2014-2016). As principais características avaliadas para a selecção directa ou indirecta das plantas superiores são os seguintes: Rendimento de fruta, peso médio de frutos, conteúdo de ácido ascórbico, pH da polpa, graus Brix da polpa, incidência do gorgulho da fruta, espessura da casca, comprimento do pecíolo, altura das plantas e diâmetro da base do caule.

O objetivo deste trabalho foi selecionar genótipos superiores de várias bacias do departamento de Loreto-Peru por meio da avaliação dos descritores de prioridade de acordo com o ideótipo considerado no plano de melhoramento da espécie.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância do camu-camu

Considera-se que esta espécie é uma das frutas nativas da Amazônia de maior relevância nos aspectos ecológicos, económicos e sociais. Ele ultrapassou mesmo a sua reputação no aspecto do elevado nível fitoquímico de ácido ascórbico, como também reúne características importantes de ordem anatômica e fisiológica para permitir que ele sobreviver em condições ambientais extremas (YUYAMA, MENDES e VALENTE, 2011, CHAGAS et al., 2015). O processo de domesticação, ao longo de quatro décadas e sua adoção como uma nova cultura, mostra um caso interessante de adoção e transformação de uso com maior sustentabilidade (PINEDO et al., 2015).

2.1.1 Nutrição e Saúde (ácido ascórbico)

Esta fruta especial é uma fonte promissora de vários compostos bioativos: vitamina C, compostos polifenólicos (principalmente flavonóides, antocianinas e catequinas), os ácidos elágico, clorogênico, ferúlico e cafeico (RIBEIRO et al., 2016; BARDALES, 2013; ALLERSLEV, 2007). Atribuí-se o seu efeito adstringente, de ação anti-inflamatória, emoliente, nutritivo e caracterizado por ter os níveis altos de beta-caroteno, cálcio, ferro, fósforo, potássio, os aminoácidos niacina, riboflavina, tiamina, serina, valina e leucina. Por isso, pode ser usada para retardar ou prevenir várias doenças cardiovasculares e câncer (TAYLOR, 2001; SOTERO, 2009; AKTER et al., 2011; CHANG, 2013). Além disso, o camu-camu mostra efeito hipolipemiante, redução de triglicérides e colesterol no sangue (SCHWERTS, 2012).

O ácido ascórbico está envolvido na síntese do colágeno, síntese de hormônio, estimula cicatrização de feridas e antioxidantes.

Na fruta do camu-camu foram identificados, nos últimos anos, 31 compostos voláteis, com predomínio de compostos de terpeno. A alfa-pineno e limoneno-d foram os mais abundantes (FRANCO e SHIBAMOTO, 2000). No extrato alcoólico de folhas, Ueda et al. (2004), encontraram inibidores da aldose-redutase (AR), o ácido elágico e os seus dois derivados, 4-O-ácido e methylellagic ácido 4-alfa-rhamnopyranossyl. Em análise de mercado de exportação praticados por Fracassetti et al., (2013) 53 compostos fenólicos foram

caracterizados por HPLC-MS¹, que foram os principais proantocianidinas em farinha de camu-camu, concluindo ser uma fonte significativa de ellagitannins e ácido elágico (polifenóis).

Zanatta (2005) determinaram a composição de carotenoides em frutos de camu-camu usando HPLC com 45-55% de carotenóides totais. Trans-luteína era o principal, seguido por β -caroteno, violaxantina e luteoxantina. Smiderle e Souza (2008) não encontraram diferença de vitamina C entre frutos maduros e imaturos no Estado de Roraima. Entre as avaliações da capacidade antioxidante e celulose anti-inflamatória do camu-camu, Teruo et al. (2008) encontraram após 7 dias, resultados superiores àqueles obtidos utilizando comprimidos com níveis equivalentes de vitamina C sintética. A superioridade de acordo com o autor poderia ser explicada pela existência de um antioxidante desconhecido, além da vitamina C, ou a uma substância moduladora da cinética da vitamina *in vivo*.

A reconhecida capacidade antioxidante e anti-inflamatória das várias partes da planta foram evidenciadas por Sotero (2009) e Villanueva, Condezo e Ramirez (2010) na polpa, casca e sementes. Além disso, Yasawa et al. (2011) analisaram a actividade anti-inflamatória do extracto alcoólico de sementes camu-camu atribuído a 3β -hydroxy-lup-20(29)-en-28-oico o ácido betulínico, conhecido como um tri-terpemoide anti-inflamatório o que sugere que a semente do camu-camu é potencialmente útil como uma fonte de ácido betulínico e como um alimento funcional para prevenção de doenças relacionadas com o sistema imunológico.

Também encontraram uma significativa capacidade antioxidante no camu-camu (ABTS, DPPH e FRAP) Rufino et al. (2010), no entanto Chirinos et al. 2010, constataram que essa capacidade diminui com o amadurecimento dos frutos. Estes autores também detectaram um total de 30 compostos fenólicos por HPLC: catequina, delfinidina 3-glicosídeo, cianidina 3-glicosídeo, ácido elágico, rutina, flavan-3 ol, flavonol, ácido elágico flavonone e derivados. Estes resultados confirmam que o camu-camu é uma promissora fonte de antioxidantes fenólicos. Além disso, Silva et al. (2012) mostraram que a concentração do produto não teve nenhum efeito genotóxico sobre células de rato após tratamentos crónicos, agudos e sub-agudos com suco de camu-camu. O que permite inferir a sua viabilidade para consumo por humanos sem efeitos tóxicos.

¹ **Cromatografia líquida de alta eficiência** (CLAE, em inglês: *High performance liquid chromatography*, HPLC) é um método de separação de compostos químicos em solução. Tem sido amplamente utilizada como ferramenta em várias áreas da química e biologia. Os sistemas de HPLC-MS e HPLC- MS/ MS dispõem de dispositivos acoplados ao sistema para viabilizar a vaporização do eluente + compostos para pesquisa dos espectros/massa

2.1.2 Potencialidades para a indústria

O fruto dessa espécie é muito usado no preparo de refresco, sorvete, picolé, geléia, licor caseiro, xarope, xampu e iogurte (AKTER et al., 2011; CHIRINOS et al., 2010; RODRIGUES et al., 2004; TEIXEIRA; CHAVES e YUYAMA, 2004). A produção e o beneficiamento de seus frutos tornam-se uma alternativa viável ao desenvolvimento regional, como fonte de alimento e meio de agregar valor aos recursos naturais disponíveis na região, melhorando a renda das pequenas comunidades rurais e favorecendo a preservação de espécies nativas (WELTER et al., 2011; PINEDO et al., 2001; ESASHIKA, OLIVEIRA e MOREIRA, 2011; TEIXEIRA, CHAVES e YUYAMA, 2004; RIBEIRO, NASCIMENTO e ALMEIDA, 2010).

Foi observado durante o armazenamento da polpa a -18°C uma diminuição de vitamina C de 23% em 28 dias, mas que logo se manteve estável até 335 dias de armazenamento (JUSTI et al., 2000). Silva et al. (2008) mediram a capacidade estabilizadora de maltodextrina (DE20) e sacarose. Maltodextrina exibiu o maior potencial de estabilização - $58,2^{\circ}\text{C}$ (celulose natural) a $-39,6^{\circ}\text{C}$ quando se adicionou 30% (v/v) de maltodextrina (DE20). Nobuyuki & Souza (2003) avaliaram a estabilidade do ácido ascórbico e pigmentos presentes no néctar de camu-camu, armazenados em diferentes condições de temperatura e luminosidade. Constatou-se que esta vitamina em néctares armazenados em 120 dias de refrigeração apresentou estabilidade boa, com perdas de apenas 12 a 14%. Quanto ao fator luminosidade, concluiu-se que este tem pouca influência sobre o ácido ascórbico e as antocianinas em néctar de camu-camu, e a temperatura ambiente de armazenamento é fator negativo na estabilidade dos pigmentos.

Segundo Chang (2009), tanto a vitamina C (ácido L-ascórbico) como antocianinas (principalmente cianidina-3-glicósido) da fruta são muito instáveis já que são susceptíveis à oxidação (temperatura, luz, pH da água, metais Cu e Fe). O aumento de pH, degrada a antocianina, devido à formação da base de quinoidal azul, a hidratação produz chalconas que são incolores. A estrutura iônica de antocianinas explica a sua alta solubilidade em água. O que permitiu a alteração do processo de produção de polpa e transferência de antocianinas a partir da casca à polpa, tornando mais intensa a cor vermelha. Chang (2013), conseguiu reduzir significativamente o processo da oxidação da vitamina C e tautomerização de antocianinas que mantém o teor de vitamina C e a polpa avermelhada quando mantidos no nível adequado de congelamento por até 18 meses.

Na preparação de bebidas alcoólicas, Nobuyuki e Souza (2003), encontraram que o perfil sensorial e aceitabilidade do camu-camu é adequado e que a agregação da casca e polpa contribuem positivamente para a aceitação (6,7 com casca e 6,2 sem casca, na escala de 9 pontos). As bebidas apresentaram sabor característico da fruta, além de ser límpido, de cor vermelho-alaranjado e sabor agradável. Da mesma forma Viera et al. (2010) desenvolveram um licor de camu-camu com boas características para o processamento, pH e aceitabilidade adequada. Concomitantemente, Cruces (2012) analisou a comercialização de casca de camu-camu, como uma infusão de filtro, concluindo ter um bom potencial para o mercado europeu.

Rodrigues (2004) avaliou o potencial de duas membranas no processo para a produção de suco clarificado concentrado rico em vitamina C. A perda de ácido ascórbico foi de 3%, o que indica a eficiência do processo para manter a qualidade nutricional do suco. Assim também, em termos de drogas, Salazar et al. (2009) demonstraram a viabilidade para desenvolver pomada do camu-camu para queimaduras.

2.1.3 Potencial económico e social da espécie

O camu-camu nas últimas três décadas tornou-se uma das espécies nativas amazônicas de maior potencial para alcançar impacto social e económico sobre à macrorregião Amazônica.

Desde 1994 começou a exportação, principalmente para o Japão, que desencadeou um processo de adoção da cultura principalmente em várzea dos departamentos de Loreto e Ucayali na Amazônia Peruana. A receita Produtores pequena gerado muito encorajadores e calcular a taxa de retorno ou Rendimento máximo real interna de investimento é 100,61%. (Pinedo et al., 2010). Desde 1994 começou a exportação, principalmente para o Japão, que desencadeou um processo de adoção da culturas principalmente em várzea dos Estados de Loreto e Ucayali na Amazônia Peruana. A renda gerada pelos pequenos produtores foi muito encorajadores e foi calculado a taxa interna de retorno ou rendimento máximo real de investimento que atingiu 100,61% (Pinedo et al., 2010)

A domesticação do camu-camu, embora longe de ser concretizada, já possui ações antigas e organizadas de pesquisa visando obter informações básicas de manejo e melhoramento, tanto no Brasil como no Peru. Nos anos 70 foi notório o interesse das entidades governamentais do Peru em desenvolver atividades de pesquisa sobre o camu-camu, e em 1995 foi introduzido ao mercado internacional, principalmente ao japonês (PINEDO et al., 2004). A demanda crescente do mercado está ocasionando níveis mais intensos de

extração da espécie no seu meio natural, com risco de erosão genética e impactos negativos sobre outros organismos e ao meio ambiente (PINEDO et al., 2001). O estabelecimento de plantações em áreas propensas a inundações de Loreto e Ucayali (Peru) demonstrou a possibilidade de adoção e avanços na domesticação dessa espécie.

2.2. Sistema reproductivo y propagacion del camu-camu

2.2.1. Sistema reproductivo

Embora as flores de *Myrciaria dubia* sejam hermafroditas, a endogamia deverá ser parcialmente impedida pela falta de sincronismo entre o desenvolvimento do gineceu e androceu, levando a uma alogamia facultativa. Ou seja, as espécies que têm um sistema reproductivo, que combina, em proporções ainda não determinadas, autopolinização e de cruzamentos. A polinização é feita principalmente pelos insetos *Melipona fuscopilara* e *Trigona portica*. Estima-se que 46% das flores de *Myrciaria dubia* são polinizadas e que 15% dos frutos imaturos são abortados antes da colheita. O fruto, cujo peso médio é cerca de 8,5 gramas, contém de dois a três sementes, e estima-se que o peso de 1000 sementes oscilou entre 600 e 800 gramas (PETERS e VASQUEZ, 1987)

Em populações naturais, a floração ocorre entre os meses de setembro e outubro e a frutificação entre dezembro e fevereiro, dependendo da localização. Em plantações em áreas aluviais com boa drenagem, menos afetados pelas inundações, a floração apresenta dois picos no ano: a primeira de setembro a outubro e a segunda entre março e abril, resultando em dois a três meses depois, na frutificação correspondente observando-se uma mudança significativa nos hábitos reprodutivos, e prolongando o tempo de produção dos frutos (PETERS e VASQUEZ, 1987).

Em quanto ao nível de ploidia, Leon et al. (2001) efetuaram estudos cariogenéticos determinando que em 89,7% das avaliações a espécie é diploide ($2n=22$), o qual evidencia uma relativa simplicidade do sistema genético para melhor acessibilidade a posteriores estudos com marcadores moleculares e sequenciamento.

2.2.2. Propagação

Iman e Melchor (2005) mencionam que o camu-camu arbustivo é uma espécie amazônica facilmente propagável por semente, que tem uma vantagem de ter disponibilidade de sementes para produção de mudas em massa. Isso foi confirmado por Gutierrez (1969), em

seu teste com 100 sementes extraídas do fruto e semeadas imediatamente a uma distância de 10 x 10 cm, obteve 100% de germinação, começando aos 12 dias e terminando aos 133 dias.

Estúdios foram feitos quanto à umidade das sementes para a preservação. A redução do grau de umidade afetou negativamente a viabilidade e o vigor das sementes a uma temperatura de 10°C não foi favorável ao armazenamento das sementes. Assim, as sementes de camu-camu devem ser armazenadas com grau de umidade elevada (perto de 46%) e cerca de 20°C, para manter a viabilidade e vigor por período de tempo maior. No entanto, dois anos depois foram encontrados que as sementes têm a conservação favorecida pela associação do grau de umidade de 43% com a temperatura de armazenamento de 10 °C (OLIVEIRA, 2004; OLIVEIRA, 2002; VASQUES, 2000).

Ferreira (2003) analisou a conservação das sementes em água e foi observado que as sementes atingem uma média de 81,68% de germinação. Yuyama et al. (2011) também observaram germinação maior que 90% nas mesmas condições de armazenamento. As sementes armazenadas a cinco e a 10 °C tiveram germinação acima de 89%. O armazenamento em água e ao ar livre não afetou a germinação das sementes armazenadas durante os períodos de seis e quatro meses, respectivamente.

Mesén et al. (1992) e Hartmann e Kester (1995), mencionam que a propagação vegetativa é importante no melhoramento genético, pois permite multiplicar genótipos superiores e aumentar o ganho genético em períodos muito curtos, usando os componentes aditivos e não aditivos da variância genética total (ZOBEL e TALBERT, 1988; GARATE, 2010). No entanto, para realizá-lo, há uma limitação em muitas plantas economicamente importantes, pois apresentam, a baixa capacidade genética e fisiológica para a formação de raízes adventícias (HARTMANN e KESTER, 1995).

Na propagação por estacas de camu-camu, foi observado 58% de enraizamento em estacas lenhosas de 20 cm de comprimento com aplicação do ácido indolbutírico-AIB (MATHEWS, 2010). Em estacas semi-lenhosas e estimuladas com 3000 mg.L⁻¹ de ácido naftalenoacético (ANA), apenas 12% de enraizamento foi alcançado (CHAGAS et al., 2009). Oliva e Lopez (2003), acrescentam que a vantagem da propagação por estacas, em comparação com a propagação por enxerto, é a fiabilidade da replicação genética da planta mãe. Geralmente, ele deve ser realizado de modo a instalar "jardins clonais", ou seja, que se propagam as melhores plantas em um lugar especial para promover o cruzamento entre elas para obter melhores sementes e, conseqüentemente, melhores plantas.

Quanto à enxertia foi estudada a compatibilidade de camu-camu com padrões de outras *Myrtaceas*, a goiabeira (*Psidium guajava* L.) a pitangueira (*Eugenia uniflora* L.), no entanto observou-se que as espécies eram incompatíveis com camu-camu (SUGUINO, 2003). Também Enciso (1992), realizou testes sobre a propagação de camu-camu com enxertia apresentando o melhor método de propagação obtendo-se pegamento com enxerto de borbulha com lenho.

Reategui e Soplín (2012) analisaram a influência do genótipo e do tipo de enxerto sobre a brotação e pegamento do enxerto. Foram avaliados três genótipos promissores de camu-camu (MD-014, MD-015 e MD-017) a partir da coleção de germoplasma do INIA e três tipos de enxerto. Como padrões foram utilizadas mudas do genótipo MD-020, em que os enxertos foram realizados. Os resultados, depois de 105 dias de enxertia, indicaram que o melhor tipo de enxerto é o garfagem com 85% de pegamento e as melhores interações foram alcançadas nos genótipos MD-017 e MD-015, que atingiram 90% e 87,5% de pegamento, respectivamente. Concluiu-se que os melhores resultados foram obtidos com a combinação do MD-017 e enxertia por garfagem.

Em relação ao método de alporquia, Iman e Melchor (2005), demonstraram a sua utilização com espécies arbóreas ou arbustivas que têm dificuldade de enraizamento. Para camu-camu, conseguiram 100% de enraizamento e plantas completas tres meses mais tarde.

Alem disso, Mathews et al. (2016) compararam métodos de propagação e de manejo inicial do cultivo, e concluíram que a propagação por estacas é tecnicamente mais desejável do que enxerto para melhor ramificação da base e obter um bom potencial produtivo.

2.3. Pragas principais

As tres pragas mais importantes foram consideradas, pelo nível de danos causados, pela persistência no ano, por sua cobertura geográfica na região e relação mais próxima com este estudo.

2.3.1. Percevejo da fruta: *Edessa* sp.

O percevejo apresenta um típico mal cheiro, medindo de 12 a 14 mm de comprimento, é verde com manchas marrons na parte membranosa das asas. A fêmea põe seus ovos de cor verde nas folhas, que gradualmente vai escurecendo ate a saída das ninfas.

Os ovos são em número de 20 a 25 com diâmetro de 1 mm. Encontra-se tanto nas populações naturais quanto nas plantações e abundante quando há floresta nas proximidades. Ele vive em ervas daninhas. Em dias de sol, suga os frutos a partir de 16h 30min, nos dias de sombra, atacam em qualquer momento os frutos verdes como semi-madura produzem uma mancha descolorida com círculos concêntricos bem marcados e um ponto central. Muitas vezes a mordida serve como porta de entrada de microrganismos, e provoca fermentação, oxidação e, conseqüentemente, a degradação da vitamina C das frutas.

Em frutos caídos verificou-se que esta praga foi a principal causa da queda. Para o controle, recomenda-se manter as parcelas livres de ervas daninhas para remover refúgios seguros para os percevejos. Não utilizar coberturas que podem servir como local de refúgio, por exemplo, feijão de porco (*Canavalia ensiformis*). Porém existe uma vespa (*Scelionidae*) que controla o percevejo, e pode ser eliminada quando são utilizados inseticidas (PINEDO et al., 2012).

2.3.2. **Gorgulho da fruta** (*Conotrachelus dubiae* O'Brien, 1995)

É uma praga de importância econômica. O adulto é um pequeno coleptero marrom escuro, com até 6 mm de comprimento. O estado larval ou verme é de cor branca, é o que causa danos ao fruto. Ferreira (2003) avaliou os danos em diferente grau de amadurecimento, entre os anos de 1999 e 2003 e observaram que os danos causados pela larva aumentaram com o amadurecimento dos frutos, havendo maior comprometimento da polpa de frutas (30-90%) do que das sementes (7%), (FARRO et al., 2011).

Estudo foi realizado para avaliar a relação dos fatores que causam queda de frutos em uma coleção de camu-camu de populações naturais nas cinco bacias de Loreto, Peru. A percentagem de estragos provocados por pragas, foi avaliada a retenção de flores e frutos, de acordo com o diâmetro do ramo e a influência da chuva e da temperatura na queda de fruta. Com respeito a fatores genéticos e origem das plantas, as de Putumayo tiveram a menor queda de frutos, maior peso médio do fruto e menor ataque de pragas (PINEDO et al., 2012).

2.3.3. **Piolho pulador da folha** (*Tuthillia cognata* Hodkinson, 1986)

O inseto adulto é como uma pequena cigarra que mede de 5 a 6 mm de comprimento, é castanho claro com asas pouco visíveis, parcialmente transparentes. A ninfa é coberta com um empoeiramento branco com fios muito finos da mesma cor e de comprimento

de cera. O piolho pulador muito jovem (ninha) branco está localizado nos botões florais e as folhas sugadas produzem crescimento distorcido. A ninfa é móvel e vive em colônias de até 20 indivíduos nas folhas dobradas e podem ser várias colônias. A ninfa provoca pressão significativa sobre as folhas jovens, impedindo o crescimento dos brotos (DELGADO E COUTORIER, 2004).

Esta praga pode ser abundante e generalizada em ambas as plantações inundadas e não inundadas. No entanto, é mais rara em populações naturais. As infestações mais severas ocorrem em plantações recém-criadas em períodos de verão. Na estação chuvosa diminuem significativamente a infestação, mas os sintomas persistem. Pode ocorrer ataques em quase todos os brotos da planta. Durante o dia, o inseto pode se refugiar em outra árvore ou ervas daninhas que estão perto ou dentro das parcelas. Para controlar o inseto, deve-se recolher todos os locais de infestação com ovos ou quando ninfas estão presentes e, em seguida, queimar. O controle da praga deve ser realizado com a eliminação das partes da planta os quais devem ser levados em baldes ou em sacos plásticos para evitar a fuga de ninfas e adultos. Os ovos são transportados pelo vento para outras plantas ou parcelas. Não é recomendável a cobertura de *Canavalia* porque constitui abrigo para indivíduos adultos da praga. O controle de qualquer praga ou ervas daninhas com inseticidas químicos (sintéticos ou naturais), pode eliminar a mosca *Ocyptamus persimilis* que se alimenta de ninfas de piolho (PINEDO et al., 2012).

2.4. Melhoramento genético do camu-camu

2.4.1. Seleção e estimativa da repetibilidade em fruteiras

As estimativas de parâmetros genéticos, correlação e índice de seleção, possibilitaram a identificação de progênies com desempenhos agrônômicos superiores para vários caracteres simultaneamente, para a cultura do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* Sims.) (MORAIS et al., 2009). No caso da pupunha (*Bactris gasipaes*), Cornelius et al., (2010) encontraram correlações significativas entre características do fruto com variáveis ambientais dos locais de coleta e descobriram que as variáveis categóricas do fruto e peso de frutos individuais têm herdabilidade maior do que o peso total do cacho, que seria útil para a seleção de plantas superiores dessa palmeira.

Em fruteiras perenes, e necessário a utilização de grandes áreas, o que dificulta a instalação de experimentos com delineamentos estatísticos adequados e a estimativa de parâmetros genéticos, como a herdabilidade, mas não impede a estimativa do coeficiente de repetibilidade de caracteres de interesse ao melhoramento (ALBUQUERQUE et al., 2004).

Na busca por métodos mais eficientes para avaliar e selecionar caracteres em plantas e populações, os melhoristas aplicaram diferentes métodos de repetibilidade, tais como: análise de variância apresentado por Cruz e Regazzi (1997), aplicado por Degenhardt et al. (2002) em goiabeira serrana, Peixoto et al. (2013) com muricizeiros e Do Vale et al. (2010) em ata; análise de componentes principais foram demonstrado por Abeywardena (1972), aplicada por Cavalcante et al. (2012) em cajueiro; Matsuo et al. (2012) em soja; Gomes (2003) em mangueira; e a análise estrutural (com matriz de correlação simples), proposta por Mansour, Nordheim, and Rutledge et al. (1981) e considerado o mais adequado para estimar o coeficiente de repetibilidade quando, ao longo das avaliações, os genótipos apresentam comportamento cíclico ou seja, com alternância de produção.

Este método apresenta apenas diferenças conceituais em relação ao método dos componentes principais e, segundo seus autores, é mais apropriado quanto as variâncias nas diversas medições, não são homogêneas (DA SILVA et al., 2012), este método foi aplicado por Chia et al. (2009) com dendezeiro e Danner et al. (2010) em araçazeiro e pitangueira.

Também foi aplicada a Metodologia de Modelos Mistos o processo da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) para a estimação dos componentes de variância e dos parâmetros genotípicos para a obtenção da Melhor Predição Linear não Viesada (BLUP) dos efeitos genotípicos (RESENDE & DUARTE, 2007); tais como em trabalho realizado por Oliva e Resende (2008) em camu-camu e Galveas (2012) em pinhão manso. O número de repetições (colheitas) ou avaliações necessárias para atingir um elevado grau de repetibilidade (80 a 90%) variou de 1 (DA SILVA et al., 2012) a 18 (MAGALHAES et al., 2010) dependendo da característica da variável.

Foram avaliados um número de caracteres ou descritores nas fases vegetativas e reprodutivas. A eficiência da variável para estimar o grau de repetição depende da influência do ambiente. No caso do açaí segundo Padilha et al. (2001), a variável "peso médio dos frutos" foi a mais eficiente; para Silva et al. (2009), as características qualitativas cor do caule e raiz da batata foram mais eficientes.

Araujo (2012) desenvolveu um trabalho para estimar a repetibilidade e correlação fenotípica em caracteres físicos e físico-químicos dos frutos de cambuizeiro (*Myrciaria*

floribunda). As estimativas do coeficiente de repetibilidade das características físicas demonstraram coeficientes de determinação acima de 90% obtidos a partir de 5 medições, com exceção para rendimento de polpa necessitando de 45 medições para o mesmo nível de confiabilidade.

Quanto às demais características são necessárias entre 10 a 17 medições para alcançar um índice de confiabilidade de certeza acima de 90%. As estimativas dos coeficientes de repetibilidade para os caracteres químicos apresentaram maior regularidade com exceção para pH e vitamina C com número de medições entre 10 e 22 para obter uma acurácia acima de 90%, demonstrando não ser viável o número de medições e sim, a necessidade de métodos mais estáveis e precisos.

2.4.2. Repetibilidade em camu-camu

Oliva e Resende (2008) estudaram o sistema reprodutivo (proporção de autofecundação), o efeito da origem do pólen (autopolinização ou polinização livre) na produção de ácido ascórbico e porcentagem de germinação em camu-camu além de, repetibilidade de características de produção e suas implicações para o programa de melhoramento. O sistema reprodutivo de camu-camu é misto com várias proporções de autofecundação. Não foi confirmada a existência do efeito da fonte de pólen para a produção do caráter ácido ascórbico. A repetibilidade individual de produção foi de magnitude moderada (0,41); a repetibilidade média de 5 colheitas foi de 0,77, favorecendo a acurácia seletiva de 0,88. Genótipos superiores podem ser selecionados com precisão e, portanto, 5 ou seis colheitas por planta é um número apropriado. A seleção e clonagem dos dez melhores indivíduos ao longo de 6 anos de avaliação, mostraram um ganho genético de 237,5%, elevando a produtividade média anual de frutos por planta de 7,75 para 26,17 kg/ano (OLIVA, 2008).

2.4.3. Avaliação de germoplasma

O processo de melhoramento do camu-camu na Amazônia, foi iniciado na década de 70 no Peru. Foram recolhidos os primeiros materiais de populações naturais e submetidos a avaliações em condições de terra firme e, mais recentemente, em condições de várzea. O trabalho de colheita, avaliação e seleção de plantas superiores continuam até hoje no Brasil e

Peru. Pesquisadores da INIA, IIAP (Peru) e INPA, EMBRAPA (Brasil) têm trabalhado por mais de 40 anos para obter sementes de qualidade.

Existe um processo de avaliação de coleções núcleo, de testes de descendência e clones, instalado no Centro Experimental de San Miguel (CESM-IIAP). No ano de 2012, no CESM - IIAP havia 545 amostras, oriundas de 5 bacias: Putumayo (25), Nanay (1) tigre (32), Curaray - Tahuayo (61), Yavari (23) Mazan (23), Curaray III (35) e do tambor (4) (PINEDO, 2012). Por sua precocidade, em uma análise cumulativa do período 2007-2011 foram preliminarmente selecionadas as plantas: 21-12 (CESM), 222-1 (Napo / Yuracyacu), 26-1 (CESM), 210-11 (Napo / Nuñez), 114-8 (Itaya / Pelejo) e 211-12 (Curaray / Tan) com um rendimento entre 429 e 564 gramas.planta⁻¹ aos quatro anos de idade. Sobre o peso médio dos frutos, foram selecionados os indivíduos: 230-7 (Tiger / Tipishca), 27-10 (CESM) e 206-6 (Tiger / Tipishca), com peso médio de frutos de 12,5 a 12,8 g. A seleção precoce através de parâmetros vegetativos (2007-2009) foi válido para os clones 21, 211 e 222 (PINEDO & PAREDES, 2011).

Dessa forma, o processo de seleção do camu-camu desenvolvido no Peru, é caracterizado como intensivo, com um espaçamento inicial de 1,5 x 1 m, três vezes mais denso do que o normal, o que torna possível a avaliação de uma base genética mais ampla sobre uma pequena área de solo. Da mesma forma, Cavalcanti e Resende (2010), efetuaram uma seleção antecipada intensiva na melhoria do caju (*Anacardium occidentale*), com uma densidade quatro vezes maior do que a tradicional seleção e início de plantio para características altamente herdáveis (peso de almendra e resistência a doenças) nos dois primeiros anos de vida das plantas, os autores levaram em conta neste estudo, o grau de herdabilidade para estimar os anos de avaliação necessários (quatro anos para rendimento de frutas). Verificou-se que para o "peso do fruto" há uma alta herdabilidade (h^2) e alta correlação genética entre o juvenil e o adulto. Por conseguinte, é adequado para uma seleção precoce intensiva de caracteres (SPI). Esta metodologia tem grande potencial para ser aplicada em programas de melhoramento de outras plantas perenes.

No ano de 1979 foram introduzidos no Banco de Germoplasma de Fruteiras Tropicais os primeiros acessos de camu-camu trazidos do INIA/Peru. A partir de 1996, o INPA iniciou a coleção de camu-camu nativo da bacia Amazônica Brasileira.

Atualmente, este número de acessos coletados chega a 160 acessos de camu-camu silvestre de 18 localidades da bacia Amazônica (rio Javari, Benjamin Constant, AM; rio Aracá e rio Negro, Barcelos, AM; rio Uatumã e rio Jatapú, São Sebastião do Uatumã, AM; rio

Madeira e rio Candeias, Porto Velho, RO; rio Jamari Ariquemes, RO; rio Machado e rio Urupa, Ji Paraná, RO; rio Jarú, Jarú, RO; rio Urubu e rio Arraia, Bonfim, RR; rio Mau, Normandia, RR; rio Uraricoera e rio Cauamé, Boa Vista, RR; rio Trombetas, PA e rio Tocantins, Marabá, PA), mostrando a sua variabilidade nos tipos de folhas nas plântulas, arquitetura da planta, tamanho do fruto, disposição e inserção das folhas, tamanho das flores e nas características da biologia floral (BACELAR, 2009; YUYAMA, MENDES e VALENTE, 2011).

Segundo Yuyama e Valente (2011), o melhoramento genético do camu-camu tem por função precípua encontrar os genótipos que maximizem seus rendimentos, nessa base, pesquisadores nacionais e internacionais tem-se orientado no melhoramento por meio da identificação e seleção do ideótipo de planta para produção de fruto, com as características de arquitetura de planta coposa (copa larga), uniformidade de produção, alto teor de ácido ascórbico, precocidade de produção e resistência a pragas (PINEDO et al., 2004).

O melhoramento por meio de ideótipos deve iniciar-se com a escolha das características que serão utilizadas no programa com a definição do fenótipo ideal, iniciando com as características de fácil avaliação e a diversidade genética disponível (YUYAMA e VALENTE, 2011). A eficiência do método de melhoramento depende do mecanismo genético envolvido na herança do caráter a ser melhorado, como o número de genes que o influenciam, os efeitos e ações gênicas, herdabilidade, repetibilidade e associações com outros caracteres (CAVALCANTE et al., 2012; RESENDE, 2007).

Atualmente, está em vigência um programa participativo de melhoramento entre as diversas instituições de pesquisa do Brasil, como o Instituto de Pesquisas da Amazônia-INPA e as Embrapas do Amazonas, Pará e recentemente de Roraima, somadas as instituições INIA e IIAP do Peru, no qual vem trabalhando nos temas de prospecção, caracterização, seleção e propagação de genótipos entre e dentro das populações dos diversos acessos de cada entidade, auxiliadas algumas delas com o uso da biotecnologia e engenharia genética, uso de marcadores moleculares e micropropagação.

No Brasil, os trabalhos de prospecção de germoplasma, conservação e melhoramento são realizados pela Embrapa Amazônia Ocidental, Embrapa Amazônia Oriental, Embrapa Roraima e INPA (CHAGAS et al., 2012a; OLIVA & RESENDE, 2008; SCHWENGBER et al., 2010; YUYAMA, 2002; PINEDO et al., 2004).

Em Roraima, é significativa a ocorrência de populações nativas de camu-camu, as quais estão distribuídas em diversas partes do Estado (CHAGAS et al., 2012b). Essa riqueza

ainda continua desconhecida e pouco estudada. Assim, diversos trabalhos de pesquisa precisam ser desenvolvidos nas condições locais visando conhecer a variabilidade genética dentro e entre as populações nativas, visando a preservação do material genético e o estabelecimento das bases para a inicialização de um programa de melhoramento genético.

Bardales (2013), efetuou a caracterização da variabilidade agronômica de populações nativas de camu-camu, coletados no estado de Roraima. Foram avaliados 246 acessos provenientes de 16 populações com três repetições e 10 frutos por repetição em cada acesso (sub amostras). Os frutos foram avaliados individualmente, quanto a altura, diâmetro e massa média do fruto, rendimento de polpa, rendimento de casca, rendimento de semente, teor de sólidos solúveis (expressos em °Brix), número médio de sementes por fruto e o teor de ácido ascórbico. As análises sugeriram que a massa total de frutos, rendimento de polpa, teor de sólidos solúveis e ácidos ascórbico apresentaram-se como os caracteres com maior capacidade discriminatória para a seleção intraespecífica de camu-camu. As populações oriundas da região do baixo rio Branco apresentaram os maiores teores de ácido ascórbico, representando uma grande potencialidade na obtenção de acessos promissores para este caráter. Das 246 subamostras prospectadas, 180 foram no campo, devido a baixa germinação e número de plantas por acesso. Atualmente, foram incluídos dois acessos do Rio Água Boa do Univini-RR e cinco do rio Urubú-RR.

Almeida et al. (2014) estudaram o desenvolvimento vegetativo de seis subamostras de camu-camu selecionados pelo INPA. Cinco parâmetros foram avaliados para a análise de crescimento, o diâmetro da base (mm), a altura da planta (cm), e os números de galhos terminais, bem como os números de flores e frutos. Com base nos parâmetros de crescimento vegetativo e floração o autor recomendou a subamostra UAT 1096-5 com o melhor desenvolvimento vegetativo e maior número de brotos terminais e maior altura e floração precoce. As plantas UAT 1596-7, 1796-7 UAT e Urubu-2 mostraram o menor número de brotos terminais, embora UAT 1596-7 apresentou maior altura do que os outros. Em relação à precocidade, o pico de floração ocorreu em janeiro, 30 meses após o plantio, com as plantas UAT 0796-8 e UAT 1096-5 superiores sobre as demais, com 500 e 435 flores no total, respectivamente.

2.4.4. Características do ideótipo

Segundo Pinedo et al. (2004) a variabilidade fenotípica observada em camu-camu e os requisitos comerciais de usuários, são essenciais para definir determinados caracteres

prioritários para a sua melhoria. Esses recursos poderiam ajudar a transformar o camu-camu em uma espécie que pode se adaptar a tecnologia moderna e ser explorada com excelentes perspectivas econômico. Os caracteres prioritários para melhoramento genético são:

A. **Precocidade produtiva:** Início da fase produtiva antes dos 4 anos a partir da germinação, com uma produção mínima de $0,5 \text{ Kg.planta}^{-1}$. Atualmente, muitas plantas demoram entre 5 a seis anos para a primeira colheita. As seguintes categorias para este descritor são propostas:

Precoce: Início da produção de frutas aos 3 anos da germinação

Semiprecoce: Início da produção em 4 anos

Tardio: Início da produção em 5 anos

B. **Produtividade:** Em plantas de 4 anos de idade, o desempenho deve ser superior a 2 kg de fruta fresca/planta. O INIA registrou a produção de plantas de até 60 kg em plantas de 13 anos. Além disso, não há informação que indique que a variabilidade de peso médio por fruto é reduzida e seria entre 6 e 10 g por fruto dos quais, entre 70 a 75% seria peso de polpa mas casca e 25 a 30% de peso das sementes.

C. **Teor de ácido ascórbico no fruto:** O elevado teor de vitamina presente é essencial para a cultura de camu-camu e o seu valor econômico. Com base na análise e estudos realizados por diferentes instituições, incluindo o IIAP, o teor não deve ser inferior a 2000 mg.100 g de polpa⁻¹.

REFERÊNCIAS

AKTER, M.S. Nutritional compositions and health promoting phytochemicals of camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh) fruit: A review. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1728-1732, 2011.

ALBUQUERQUE, A.S.; BRUCKNER, C.H.; CRUZ, C.D.; SALOMÃO, L.C.C.; NEVES, J.C.L Repeatability and correlations among peach physical traits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.4, p.441-445, 2004.

ALLERSLEV, R.K. Phytochemical analysis of bioactive constituents from edible myrtaceae fruits. Tesis. Facultad de Biología. New York. USA. 2007.

ALMEIDA, L.F.; YUYAMA, K.; CHAGAS, E.A.; BARDALES, R. M. L.; ALBUQUERQUE, T. S. C.; ABANTO, C. R.; QUEIROZ, F. B. D. Early Evaluation of Camu-camu Subsamples in Transition Savanna/Forest Area. **Journal of Agricultural Science**, v.6, n.11, 2014.

ARAÚJO, R. R. **Qualidade e Potencial de utilização de frutos de genótipos de Cambuí, Guajiru e Maçaranduba nativos da vegetação litorânea de Alagoas**. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN. 2012.

BACELAR, C. G. **Estudos da biologia reprodutiva, morfologia e polinização aplicados à produção de frutos de camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh) (H.B.K.) McVaugh) adaptadas à terra firme da Amazônia Central/Brasil**. 2009. 121p. Teses (Doutorado em Botânica), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Universidade Federal da Amazônia – UFAM. 2009.

BALZARINI M. G., DI RIENZO J. A. **InfoGen versión Software estadístico** para el análisis de datos genéticos. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 2012.

BALZARINI, M. **Introducción al Análisis Multivariado**. Maestría en Estadística Aplicada de la Universidad Nacional de Córdoba. 130 p. 2003.

BARDALES, L. R. **Caracterização intraespecífica da variabilidade biométrica de frutos em populações nativas de camu-camu**. Dissertação de Mestrado / Dissertação de Mestrado em Agronomia-Universidade Federal de Roraima. Boa Vista, 42 p. 2013.

BICERRA, LÓPEZ, DÍAZ & BALDOCEDA. **Caracterización de sitio de cuatro rodales naturales de camu-camu arboreo (*Myriaria floribunda*)**. Tesis. Universidad Nacional de Ucayali. Peru. 72 p. 2002.

CARVALHO, J. E. U.; NAZARÉ, R. F. R.; OLIVEIRA, W. M. Características físicas e físico-químicas de um tipo de bacuri (*Platonia Insignis* Mart.) com rendimento industrial superior. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p.326-328, 2003.

CASTRO, G.C.J.; EGOAVIL, R.C.A.; TORRES; F.J.; RAMÍREZ, S.R.; COBOS, R.M.; IMAN, C.S. Isolation of high-quality total RNA from leaves of [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] “CAMU-CAMU”. **Preparative Biochemistry & Biotechnology**, v.43, p.527–538, 2013.

CAVALCANTE, J. J. V.; RESENDE, M. D. V. D. Seleção precoce intensiva: Uma nova estratégia para o programa de melhoramento genético do cajueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1279-1284, 2010.

CAVALCANTE, M.; ANDRADE, L.M.; FERREIRA. S.M.; FERREIRA, P.E.; CARACIOLO, F.R.; TABOSA, J.N. Coeficiente de repetibilidade e parâmetros genéticos em capim-elefante. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.47, n.4, p.569-575, 2012.

CHAGAS, A.E.; LOZANO, B.R.; CHAGAS, C.P.; BACELAR-LIMA, CH.G.; GARCIA, R. M.; OLIVEIRA, V.J.; SOUZA, M.O.; MORAIS, S. B.; ROCHA, A.M. Intraspecific variability of camu-camu fruit in native populations of northern Amazonia *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.15, p.265-271, 2015.

CHAGAS, E.A.; RIBEIRO, O.D.; ALBUQUERQUE, T.C.; PASTRONI, L.D.; TIO, R.; CAMARGO, L.N.; CONCEICAO, M.R.A.; MARQUES, J.S.J. Distribuição Geográfica de populações Nativas de Camu-camu no Estado de Roraima. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura 2010**, Anais. 21. 4 p. 2010.

CHAGAS, E. A.; CARVALHO, A. dos S.; BACELAR-LIMA, C. G.; DUARTE, O. R.; NEVES, L. C.; ALBUQUERQUE, T. C. S. de. Ocorrência e distribuição geográfica de populações nativas de camu-camu no estado de Roraima. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 22. 2012a.

CHAGAS E.A. BACELAR-LIMA, C.G.; CARVALHO, A.D.S.; RIBEIRO, M.I.G.; SAKAZAKI, T.R.; NEVES, L.C. Propagação do camu-camu (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* (H.B.K.) McVaugh. **Agro@mbiente On-line**, v. 6, p. 67, 2012b.

CHAGAS, E. A.; PESSONI, L.A.; COSTA, S.F.V.; ALBERTO MOURA, C.A. Propagacao vegetativa de camu-camu por estaquia: efeito de fitorreguladores e substratos. **AgroAmbiente On-Line**, v.3, n.2, p. 92-98, 2009.

CHANG, C.A. **Method for stabilizing L-ascorbic acid, liquid extraction preparation, solid extract, and semi-fluid extract**. Patente. 2009.

CHANG, C.A. **El camu-camu: Aspectos Químicos, Farmacologicos y Tecnologicos**. ICA. Peru. 125 p. 2013.

CHIA, G.S.; LOPES, R.; VIEIRA DA CUNHA, N.R.; CARVALHO DA ROCHA, R.N.; CHIRINOS, R.; GALARZA, J.; BETALLELUZ, I.; PEDRESCHI, R.; CAMPOS, D. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu-camu (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. **Food Chemistry**, v.120, n.4, p.1019-1024, 2010.

CORNELIUS, J.P.; WEBER, J.C.; SOTELO-MONTES, C.; UGARTE-GUERRA, L.J. Phenotypic correlations and site effects 799 in a Peruvian landrace of peach palm (*Bactris gasipaes* Kunth). **Euphytica**, v.173, .173–183, 2010.

COSTA, G.M. Estimativa da Repetibilidade em Caracteres Morfológicos E De Produção de Palmito em Pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth). Sociedade de Investigações Florestais R. **Árvore**, v.27, n.4, p.435-442, 2003.

COSTA, S.F.; MOURA, C.A.; CHAGAS, E.A.; PESSONI, A.L. Propagação vegetativa de camu-camu por estaquia: efeito de fitorreguladores e substratos. The vegetative propagation

of camu-camu cuttings: effect of growth regulators and substrates. **Agro@mbiente On-line**, v.3, n.2, p.92, 2009.

CRUCES C. K.C. **Comercialización potencial de la cáscara del [*Myrciaria dubia* (Kunth) H.B.K (camu-camu)] en función de sus propiedades vitamínicas en el mercado europeo.** Tesis para optar el título profesional de licenciada de administración en negocios internacionales. Lima-Perú. 59 p. 2012.

CRUZ, C. D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas.** Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, SP. 188p. 1990.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. ed. Viçosa, MG: UFV. 390 p. 1997.

DA SILVA, N.R.J.; SARAIVA, L.; OLIVEIRA, T.K.; COSTA, J.G. Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n.11, p. 4045-4060, 2012.

DANNER, M. A.; RASEIRA, M. C. B.; SASSO, S. A. Z.; SCARIOT, I. C.S. Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira. **Ciência Rural**, v.40, n.10, p. 2086-2091, 2010.

DE MORAIS S.M.G.; PIO, A. V.; MEN. EZES G.G.; TEIXEIRA, A.A.; GONZAGA, P. Seleção recorrente intrapopulacional no maracujazeiro amarelo: alternativa de capitalização de ganhos genéticos Intrapopulation recurrent selection in yellow passion fruit: alternative to accumulate genetic gains. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.1, p.170, 2009.

DEGENHARDT, J.; DUCROQUET, J.P.; SEDREZ, M.R.; GUERRA, M.P.; NODARI, R.O. Efeito de anos e determinação do coeficiente de repetibilidade de características de frutos de goiabeira-serrana. **Pesquisa Agropecuaria**, v.37, n. 9, p.1285-1293, 2002.

DELGADO, J. P. M.; YUYAMA, K. Comprimento de estaca de camu-camu com ácido indolbutírico para a formação de mudas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 24, 2010.

DELGADO, C. ; COUTURIER. G. 2004. Manejo de insectos plagas en la Amazonía: su aplicación en camu-camu. IIAP- Iquitos. IRD- Francia. Lima, Perú. 147 pp.

DOVALE, J.C.; LIMA, P.S.; SILVA, G. S.; MARIGUELE, K.H.; FRITSCHÉ-NETO, R. Repeatability and number of growing seasons for the selection of custard apple progênies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.11, p.59-63, 2011.

DUARTE P. L.; QUEIROZ, V, DE. YOSHIKO S. A. Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba Repeatability in biometric characteristics of macaw palm fruit. **Ciência Rural**, v.41, n.1, p.70-76, 2011.

EMILIO, D.B.; ALEXSANDER, L.M.; DALBÓ, M.A. Uso do coeficiente de repetibilidade na seleção de clones de pessegueiro para o litoral sul de santa catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.1, p.206-215, 2012.

ENCISO, R. **Propagación del camu-camu** (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]*) por injerto. Informe Técnico N° 18. Programa de Investigación en Cultivos Tropicales. INIA. Lima. 17 p. 1992.

ESASHIKA, T.; OLIVEIRA, L.A.; MOREIRA, F.W. Teores foliares de nutrientes em plantas de camucamuzeiro (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* (H.B.K.) McVaugh) submetidas a adubações orgânica, mineral e foliar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.3, p.391-400, 2011.

ETIENNE, A.; GENARD, M.; LOBIT, P.; MBEGUI; MEGUIE, D.; BUGAUD, C. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. **Journal of Experimental Botany**, v.64, n.6, pp.1451-1469, 2013.

FARRO, S.; PINEDO, M.; HUARANCA, R. Evaluation of the fruit-drop of *[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]*, camu-camu, in the “five River Basins” collection of the San Miguel experimental research station - IIAP, Loreto, Peru. **African Journal of Plant Science**, v. 5, n.2, p.102-107, 2011.

FERREIRA, S.A.; GENTIL, D.F.O.; SILVA, N. M. Danos de *Conotrachelus dubiae* (Coleoptera: curculionidae) em frutos de camu-camu [*Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* na Amazônia Central, **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.3, p.544, 2003.

FERREIRA, Evaluation of the Resistance of Transgenic C5 Plum (*Prunus domestica L.*) against Four Chilean Plum Pox Virus Isolates through Micro-Grafting. **Chilean journal of agricultural research**, v.70, n.3, p.372-380, 2010.

FERREIRA, A.; PEREIRA, M.H.B.; CRUZ, C.D.; HOFFMANN, H.P.; SANCHES, M.A.V.; BASSINELLO, A.I.; FLORES DA SILVA, M. Repetibilidade e número de colheitas para seleção de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.40, n.8, p.761-767, 2005.

FERREIRA, R.P.; SOARES, E.V.; CRUZ, D.C.; BARIONI, W. J. Determinação do coeficiente de repetibilidade e estabilização genotípica das características agronômicas avaliadas em genótipos de alfafa no ano de estabelecimento. **Ceres**, v. 57, n.5, p.642-647, 2010.

FRACASSETTI, D.; COSTA, C.; MOULAY, L.; BARBERAN, F.T. Ellagic acid derivatives, ellagitannins, proanthocyanidins and other phenolics, vitamin C and antioxidant capacity of two powder products from camu-camu fruit (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]*). **Food Chemistry**, v.139, n.1-4, p.578, 2013.

FRANCO, M.R.; SHIBAMOTO, T. Volatile composition of some Brazilian fruits: umbu-caja (*Spondias citherea*), camu-camu (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]*), Araça-boi (*Eugenia stipitata*), and Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) **Journal of agricultural and food chemistry**, v.48, n.4, p.1263-5, 2000.

GALVÊAS, B. L.; ALONSO A.A.; LIMA G. F.; BARBOSA R.T.; BARROS R.R.; ALBRECHT, J.C. Estimativa de parâmetros genéticos de caracteres de pinhão-manso em dois anos de avaliação do banco. **Ciência Rural**, v.42, n.3, p.429-435, 2012.

GARATE, D. M. **Técnicas de propagación por estacas**. Trabajo Monográfico para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. 189 Págs. 2010.

GOMES, L.M.T. Repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaué e o dendezeiro. **Acta Amazonica**, v. 39, n.2, p.249-254, 2009.

GOMES, C. J. Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em Mangueira. **Ciência Rural**, v.33, n.2, p.263-266, 2003.

GONÇALVES, R.S.; CRUZ M.L.CH.; ARNHOLD, E.; CRUZ, D.C. Repetibilidade e correlações fenotípicas de caracteres do fruto de bacuri no Estado do Maranhão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.4, p.587-591, 2009.

GRILLO, N.L.; HORST, B.C.; DAMIÃO C.C.; APARECIDO M.A. Avaliação da repetibilidade no melhoramento de famílias de maracujazeiro. **Ceres**, v.57, n.4, p. 480-485, 2010.

GUTIÉRREZ, R.A. **Especies frutales nativas de la selva del Perú: estudio botánico y de propagación por semillas**. Tesis Ingeniero Agrónomo, Univ. Agr. La Molina, Lima, 105 p. 1969.

HARTMANN H.T Y KESTER, D.E. **Propagación de plantas**. Principios y prácticas. Editorial Continental S.A de CV México 219 p. 1995.

IMÁN, C. S. & MELCHOR, A.M. **Enraizamiento por Acodo Aéreo en camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] para Propagación Vegetativa EEA**. San Roque-INIEA. 7 p. 2005.

INOUE, T.; KOMODA, H.; UCHIDA, T.; KOICHI, N. Tropical fruit camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] has anti-oxidative and anti-inflammatory properties. **Journal of Cardiology**, v.52, n.2, p.127-132, 2008.

JUSTI, K C ; VISENTAINER, J V ; SOUZA, N.E. ; MATSUSHITA, M. Nutritional composition and vitamin C stability in stored camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] pulp. **Archivos latinoamericanos de nutrición**, v.50, n.4, p.405-8, 2000.

LEÓN, A.E.; GUTIÉRREZ, J.; POLO, B.E.; RODRÍGUEZ, N.C. **Numero cromosómico de [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] “camu-camu”**. Facultad de Ciencias. Biológicas/ Medicina. Universidad Nacional de Trujillo. Resumen. 1 p. 2001.

MAGALHAES, C.E.S.; HORST, B.C.; CRUZ, C.D.; LOPEZ, C.D.; DUARTE, P.L.; SILVA, R.L. Repetibilidade em características do fruto do maracujazeiro. **Ceres**, v.57, n.3, p.343-350, 2010.

MANSOUR, H.; NORDHEIM, E. V.; RUTLEDGE, J. J. **Estimations of repetability. Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 60, p. 151-156, 1981.

MATHEWS, D.J.P.; YUYAMA, K. Comprimento de estaca de camu-camu com ácido indolbutírico para a formação de mudas Large cuttings of camu-camu with indolebutyric acid for clonal production. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.32, n.2, p.522, 2010.

MATHEWS, D.J.P.; YUYAMA, K.; REVILLA, C.J. Does a greater number of branches improve initial fruit production in camu-camu? A test under different types of plantations and cropping management. **Fruits**, v.71, n.1, p.7, 2016.

MATSUO, E.I.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C.D.; OLIVEIRA, R.C.T. Análise da repetibilidade em alguns descritores morfológicos para soja. **Ciência Rural**, v.42, n.2, p.189-196, 2012.

MATSUO, M.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C.D.; TEIXEIRA, R.C.; OLIVEIRA, E.; FERREIRA, B.A.P.; CARACIOLO, R.L.; TABOSA, J.N. Coeficiente de repetibilidade e parâmetros genéticos em capim-elefante. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**. v.47, n.4, p.569-575, 2012.

MESEN, F; LEAKEY, R; NEWTON, A. Hacia el desarrollo de técnicas de silvicultura clonal para el pequeño finquero. **El Chasqui**, v.28, n.6, p.18, 1992.

MESSIAS GONZAGA PEREIRA. Seleção recorrente intrapopulacional no maracujazeiro amarelo: alternativa de capitalização de ganhos genéticos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.1, p.170, 2009.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. **Programa Nacional de camu-camu**. MINAG/ Instituto Nacional de Recursos Naturales. Unidad de Desarrollo de la Amazonía. 22 p. 2000.

MOESSES ANDRIGO DANNER, MARIA DO CARMO BASSOLS RASEIRA, SIMONE APARECIDA ZOLET SASSO, IDEMIR CITADIN E SILVIA SCARIOT. Repetibilidade de peso de fruto e de duração do ciclo em ameixeira e pessegueiro. **Acta Amazonica**, v.39, n.2, p.249–254, 2009.

NASCIMENTO, J. FILHO, ANDRÉ LUIZ ATROCH, COSME DAMIÃO CRUZ E PEDRO CRESCÊNCIO SOUZA CARNEIRO. Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.44, n.6, p.605-612, 2009.

NOBUYUKI, M.R.; ANDRADE, J.S. Aproveitamento do camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] para produção de bebida alcoólica fermentada The use of camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] for the production of a fermented alcoholic beverage. **Acta Amazonica**, v.33, n.3, p.489-498, 2003.

OLIVA, C.C.; LÓPEZ, A. Efecto del ácido Naftalenacético, en el enraizamiento de [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh], Camu-camu. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana - Ucayali. **Folia Amazónica**, v.14, n.2, p.43-49, 2003.

OLIVA; C.C.; RESENDE, M.D.V.D. Mejoramiento genético y tasa de autofecundación del Camu-camu arbustivo en la Amazonia peruana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 450-454. 2008.

OLIVEIRA, D.F.; FERREIRA, S.A.N. Preparação das subamostras, temperatura e período de secagem, grau de umidade de sementes de camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh]. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n.2, p. 62-69, 2002.

OLIVEIRA, G.F.D.; RODRIGUES, S.W.; NASCIMENTO F.A.S. Conservação de sementes de [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] (H.B.K.) McVaugh [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] (H.B.K.) McVaugh seed storability as affected by temperature and seed moisture content. **Bragantia**, v.63, n.3, p.421, 2004.

SMIDERLE, J. O.; SOUZA, R. P. Teor de vitamina C e características físicas do camu-camu em dois estádios de maturação. **AgroAmbiente On-Line**, v. 2, n.2, 2008.

PADILHA DE OLIVEIRA, M.; FERREIRA, M.E. Repetibilidade e número mínimo de medições para caracteres de cacho de bacabi (*Oenocarpus mapora*). **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1173-1179, 2010.

PADILHA, M.S.O.; DA COSTA, L.G.; FERNANDES, L. Repetibilidade De Caracteres Do Cacho De Açazeiro Nas Condições De Belém-Pa1. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 613-616. 2001.

PEIXOTO, L.I.; WILANE DE FIGUEIREDO R.; ELESBÃO ALVES, R.; SOUZA, F.A. FARLEY HERBSTER MOURA, C. Caracterização de frutos de genótipos de muricizeiros cultivados no litoral cearense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 499-504. 2013.

PETERS, C.M.; VÁSQUEZ, M.A. Estudios ecológicos de camu-camu (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]*). I. Producción de frutos en poblaciones naturales. **Acta Amazónica**, v.16/17, p.61-173, 1987.

PINEDO, F.S.; IMAN, S.; PINEDO, P.M.; VASQUEZ, M.A.; COLLAZOS, S.H. Clonal trial of five genotypes of “camu-camu”, *[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* (H.B.K) McVaugh, in non-flooded area. **African Journal of Plant Science**, v. 5, n. 1, p. 40-46, 2011.

PINEDO, P. M. Análisis de correlación y heredabilidad en el mejoramiento genético del camu-camu. **Scientia Agropecuaria**, n. 1, p. 23-28, 2012.

PINEDO, P.M.; DELGADO, V.C.; FARROÑAY, P.R.; DEL CASTILLO, T.D.; IMAN, C.S.; VILLACRES, V.J.; FACHIN, M.L.; OLIVA, C.C.; ABANTO, R.C.; BARDALES, L.R.; VEGA, V.R. **Camu-camu** (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]*, Myrtaceae), aportes para su aprovechamiento sostenible en la Amazonia Peruana. 135 p. 2010.

PINEDO, P.M.; DELGADO, V.C.; VEGA, V.R.; SOTERO, S.V.; FARROÑAY, P.R. **Cultivo del camu-camu e areas inundables**; manual tecnico. Ocho fasciculos para el productor. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. PROBOSQUES. 89 p. 2012.

PINEDO, P.M.; LINARES, B.C.; MENDOZA, H.; ANGUIZ, R. 2004. **Plan de Mejoramiento Genetico de Camu-camu**. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-IIAP. Iquitos. Peru. 52 p. 2004.

PINEDO, P.M.; PAREDES, D.E. **Evaluacion durante 5 años de 108 progenies precoces** de camu-camu (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]-Myrtaceae*). Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. 15 p. 2011.

PINEDO, P.M.; RIVA, R.R.; RENGIFO, S.E.; DELGADO, V.C.; VILLACRES, V.J.; GONZALES, C.A.; INGA, S.H.; LOPEZ, U.A.; FARRONAY, P.R.; VEGA, V.R.; LINARES, B.C.; 2001. **Sistema de producción de camu-camu en restinga**. Instituto de

Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos Peru. 141 p. 2001.

PINEDO, P.M.; IMAN, C.S.; BARDALES, L.R.; PAREDES, D.E.; ABANTO, R.C. **Evidencias del proceso de domesticación del camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh) McVaugh H.B.K.) en la Amazonia del Peru.** Simposio Latinoamericano de "Domesticacion y manejo de recursos genéticos". 9-11 de Julio. Lima – Perú. 4 p. 2015.

REÁTEGUI, A.; IMÁN, S.; SOPLÍN, J. Influencia del genótipos y tipo de injerto en la brotación de [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] (H.B.K) Mc vaugh “camu-camu”. **Ciencia Amazónica**, v.2, n. 2, p.146-150, 2012.

RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194. 2007.

RIBEIRO, O. D.; NASCIMENTO, W. M. O.; ALMEIDA, E. G. L. **Caracterização morfológica de plantas em acessos de camucamuzeiro do Banco de germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental.** EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, B.-P. 14º Seminário de Iniciação Científica da EMBRAPA: Embrapa Amazônia Oriental, Belem-PA: 4 p. 2010.

RIBEIRO, P.F.A.; STRINGHETA, P.C.; OLIVEIRA, E.B.; MENDONCA, A.C.; SANT’ANA, H.M.P.; Teor de vitamina C, B-caroteno e minerais em camu-camu cultivado em diferentes ambientes. **Ciencia Rural Santa Maria**, v 46, n3. p.567-572. 2016.

RODRIGUES, R. B.; MENEZES, H.C.; CABRAL, L.M.C. DORNIER, M.; RIOS, G.M.; REYNES, M. Evaluation of reverse osmosis and osmotic evaporation to concentrate camu-camu juice (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh). **Journal of Food Engineering**, v. 63, n. 1, p. 97-102. 2004.

ROJAS, S.; YUYAMA K. CLEMENT CH., OSSAMU NAGAO, E. Diversidade genética em acessos do banco de germoplasma de Camu -camu do INPA usando marcadores micros satélites (EST-SSR). Revista Corpoica - **Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v.12, n.1, p. 51-64, 2011.

RUFINO, M.; RICARDO E.; DE BRITO, E.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.221, p.996-1002, 2010.

RUTLEDGE, J. J. A scaling which removes bias of Abeywardana's estimator of repeatability. **Journal of Genetics**, v.61, p.247-250, 1974.

SALAZAR-PACCI. K.; NUREÑA-NORIEGA. L.; VÁSQUEZ-CERRO, J.; ARAUJO-ESPINOZA, G.; GÁLVEZ-NIÑO, M. Eficacia tópica de [*Myrciaria dubia* (Kunth) *McVaugh*] en la curación de quemaduras de segundo grado en ratas Holtzman. CIMEL. **Ciencia e Investigación Médica Estudiantil Latinoamericana**, v.14, n.1, p.15, 2009.

SCHWENGBER, J. A. M. Variabilidade de acessos de camu-camu oriundos de população nativa do estado de Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21, Natal. **Anais...** Natal, RN: **Sociedade Brasileira de Fruticultura**, 2010.

SCHWERTZ, C.M.; RESENDE, P.M.; FERNANDES, R.S. Hypolipidemic effect of camu-camu juice in rats. **Revista Nutricion Campinas**, v.25, n.1, p.35-34, 2012.

SILVA G.O.; PEREIRA A.S.; CASTRO, C.M.; SOUZA, V.Q.; CARVALHO F.F.; FRITSCHÉ, N.R. Repetibilidade e importância de caracteres para avaliação de coleção ativa de germoplasma de batata. **Horticultura Brasileira**, v.27, p.290-293, 2009.

SILVA, D.; CARLOS, F.; ARRUDA, A.; LEDEL, A.; DAUTH, C.; ROMÃO, N.; FARIA VIANA, R.N.; FALCÃO, F.B.; NASCIMENTO, J.P.; PEREIRA, P. Antigenotoxic effect of acute, subacute and chronic treatments with Amazonian camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) *McVaugh*) juice on mice blood cells. **Food and Chemical Toxicology**, v.50, n.7, p.2275-2281, 2012.

SILVA, M.A.; SOBRAL, P.J.A. ; KIECKBUSCH, T.G. State diagrams of freeze-dried camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) *McVaugh*) (HBK) Mc Vaugh) pulp with and without maltodextrin addition. **Journal of Food Engineering**, v.77, n.3, p.426-432, 2006.

SILVA, M.A.; OLIVEIRA, L.R.; SANTOS, B.K.; PEREIRA, A.H.L.; ARRUDA, S.R.G. Estimativa de repetibilidade sobre características morfológicas de plantas de Gliricídia (*Gliricidia sepium* L), São Cristóvão – SE. VII CONNEPI. Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovacao. Ciencia, Tecnologia e inovacao: acoes sustentáveis para o desenvolvimento regional. **Palmas**, p.19-21, 2012.

SILVA, M.A.; SOBRAL, P.J.A.; KIECKBUSCH, T. G. Phase Transitions of Frozen Camu-camu (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* (H.B.K.) McVaugh) Pulp: Effect of Cryostabilizer Addition. **Food Biophysics**, v.3, n.3, p.312-317, 2008.

SOTERO, S.V. 2009. Evaluacion de la actividad anti-oxidante de pulpa cascara y semilla del fruto de camu-camu. **Revista Sociedad Quimica del Peru**, v.75, n.3. 2009.

SOUZA, Á. V.; RONCATTO, G. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em laranjeiras-doces no Acre. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.43, n.12, p.1763-1768, 2008.

SUGUINO, E.; APPEZZATO, G.B.; RODRIGUES, A.S.P.; SIMÃO, S. Propagação vegetativa de camu-camu por meio de enxertia intergenérica na família *Myrtaceae* Vegetative propagation of camu-camu by intergeneric grafting in *Myrtaceae* family. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.12, p.1477, 2003.

SUGUINO, E. et al. Propagacao vegetative de camu-camu por meio de enxertia intergenerica na familia Myrtaceae. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**. v.38, n.12, p.1477-1482, 2003.

TAYLOR, L. **Herbal secrets of the Rainforest**. Raintree Nutrition, Inc. Austin. Texas. 360 p. 2001.

TEIXEIRA, S. A.; CHAVES, S. L.; YUYAMA, K. Esterases no exame da estrutura populacional de camu-camu (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* (Kunth) McVaugh-Myrtaceae). **Acta Amazônica**, v. 34, n. 1, p. 89-96, 2004.

TERUO, I. et al. Tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dúbia*) has anti-oxidative and anti-inflammatory. **Journal of Cardiology**, v.52, p.127-132, 2008.

UEDA, H. ; KUROIWA, E. ; TACHIBANA, Y. ; KAWANISHI, K. ; AYALA, F. ; MORIYASU, M. Aldose reductase inhibitors from the leaves of [*Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* (H. B. & K.) McVaugh. **Phytomedicine**, v.11, n.7, p.652-656, 2004.

UGESE, F. ; BAIYERI, P. ; MBAH, B. Agroecological variation in the fruits and nuts of shea butter tree (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn.) in **Nigeria Agroforestry Systems**, v.79, n.2, p.201-211, 2010.

VASQUEZ, M.A. **El camu-camu cultivado, manejo e investigación**. Edit. Universal S.R.L., Iquitos – Perú, 218 pg. 2000.

VÁSQUEZ, M.A. **Florula de las Reservas Biológicas** de Iquitos, Perú. Allpahuayo - Mishana. Missouri Botanical Garden. 1046 p, 1997.

VIERA, V.B.; RODRIGUES, J.B.; BRASIL, C.C.; DA ROSA, C.S. Produção, caracterização e aceitabilidade de licor de camu-camu (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* (H.B.K.) McVaugh). **Alimentos e Nutricao**, v.21, n.4, p.519, 2010.

VILLANUEVA, J.E.; CONDEZO, L.A.; RAMIREZ, E.A. Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu-camu [*Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* (H.B.K) McVaugh]. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, p.151. 2010.

WELTER, M.K., et al. Efeito da aplicação de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de camu-camu (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* H.B.K. McVaugh). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 922-931. 2011.

YUYAMA, K.; MENDES, N.B.; VALENTE, J.P. Longevidade de sementes de camu-camu submetidas a diferentes ambientes e formas de conservação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.2, p.601, 2011.

ZANATTA, C. F. et al. Determination of anthocyanins from camu-camu (*Myrciaria dubia*) by HPLC-PDA, HPLC-MS, and NMR. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 53, n. 24, p. 9531-9535. 2005.

3. OBJETIVOS

3.4. Objetivo Geral

Selecionar genótipos superiores em coleções *ex situ* de camu-camuzeiro [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] da Amazônia Peruana

3.5. Objetivos específicos

a) Avaliar e selecionar genótipos superiores aplicando a análise de repetibilidade de 10 colheitas anuais em 115 famílias procedentes de populações nativas de 5 bacias da Amazônia Peruana segundo a produtividade e peso médio da fruta.

b) Selecionar genótipos superiores, aplicando a análise de repetibilidade de 5 colheitas anuais em comparativo regional de 37 clones pré-selecionados pelos produtores de Loreto, Peru, de acordo com produtividade, peso médio dos frutos e teor de ácido ascórbico.

c) Analisar e selecionar genótipos aplicando a análise de repetibilidade de 3 colheitas anuais em 108 progênies precoces procedentes do Centro Experimental San Miguel-IIAP-Amazônia Peruana, segundo a precocidade, produtividade, peso médio do fruto e tolerância ao gorgulho do fruto.

d) Comparar e selecionar genótipos superiores aplicando a análise de repetibilidade de 4 colheitas anuais em comparativo regional de 43 progênies pré-selecionadas nas regiões amazônicas de Loreto e Ucayali-Peru segundo a produtividade, peso médio da fruta e teor de ácido ascórbico.

CAPÍTULO I - Repetitividad analysis in a ex situ collection from 5 basins of camu-camu of Peruvian Amazonia**Abstract**

The objective of the analysis was to select individual camu-camu genotypes according to priority descriptors. The evaluation was done on an ex situ collection established in a floodable area on the banks of the Amazon River. The collection, established in December 2002, had 115 families of the rivers: Itaya, Napo, Tigre, Curaray and Putumayo. Among other parameters, fruit yield and average fruit weight were evaluated. Data from ten consecutive harvests (2006 to 2015) were analyzed using the Selegen-Reml / Blup and Genes programs, making it possible to know the levels of repeatability under different statistical models, selective precision and genetic gain. For fruit yield (with zeros) at 10 years of evaluation the average was 1242 g / pl with $r = 0.045$ and r_m (at 10 years) of 0.322, selective precision of 0.567 and efficiency of 2.66. With these indices, the first ten individuals selected for fruit yield were: Pc0511, NN0202, NN0907, NY0805, NY0413, Ct0316, Pc0504, Ct0818, NY0518 and PC0421. For the "average fruit weight" character (without zeros) the mean was 8.35 g, $r = 0.218$, $r_m = 0.736$, selective precision 0.85, efficiency of 1.83 and the selected individuals were: Ct0107, Pc0511, PC0913, PC0602, TH0215, TH0105, TT0725, TH0622, Pc1014 and PC0129. A natural recombinant individuals (yield x fruit weight) was Pc0511 from the Putumayo River and Coto population. The selection of superior genotypes with the highest degree of reliability was achieved by strengthening the conventional methods previously applied.

Introducción

El sobresaliente nivel de ácido ascórbico de los frutos del camu-camu, sumado a su plasticidad genética y ecológica ha estimulado su gradual aunque aún no masiva adopción por el productor amazónico y su incorporación paulatina al circuito socio-económico en la Amazonia Peruana y otros países del trópico americano. En el ámbito del mejoramiento genético, este estudio incluye la colección, evaluación y selección como etapa imprescindible para la recombinación de caracteres o hibridación.

En los estudios con progenies o cultivares que comprenden sucesivas evaluaciones, es posible estimar los coeficientes de repetitividad de variables priorizadas y cuantificar el número de repeticiones que deben ser realizadas para obtener una evaluación fenotípica mas eficiente. Por lo tanto, el conocimiento de la viabilidad de la repetitividad es importante para orientar programas de mejoramiento genético principalmente para especies perennes. El concepto de repetitividad puede ser enunciado como una correlación entre las medidas de determinado carácter en un mismo individuo cuyas evaluaciones fueron repetidas en el tiempo o espacio. Expresa la proporción de la varianza total, que es explicada por las variaciones proporcionadas por el genotipos y por las permanentes atribuidas al ambiente común (Cruz e Regazzi, 1994) y, de acuerdo con Falconer (1981), representa el limite superior del coeficiente de heredabilidad. Valores altos de la estimativa da repetitividad del caracter

indican que es posible predecir el valor real del individuo con un número relativamente pequeño de mediciones (Cruz e Regazzi, 1994).

En Perú, se ha colectado una muestra genética significativa, disponiendo 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 de agua oscura (isla de Muyuy) y 10 en suelos de tierra firme con rendimientos entre 6 y 25 t.ha⁻¹ a los 11 años de edad (Mendoza et al., 1989).

El Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) ha iniciado en el año 2001 la colección y evaluación de germoplasma en área inundable (varzea) a orillas del río Amazonas. Este trabajo se ha extendido hasta la fecha, durante 15 años, lográndose la evaluación y selección de genotipos superiores, así como el inicio de su multiplicación.

Se relata a continuación el trabajo de colección y evaluaciones *ex situ* que sobre el camu-camu efectuaron investigadores del IIAP. En el año 2001, se colectaron muestras genéticas motivo del presente estudio, en 5 cuencas de la Amazonia Peruana (Putumayo, Napo, Itaya, Tigre y Curaray). En el 2005, nuevas colectas permitieron visitar por segunda vez las cuencas de los ríos Tigre y Curaray, y por primera vez al río Tahuayo. Este material fue instalado en el año 2006, en suelo inundable del centro experimental San Miguel-IIAP río Amazonas. A partir del año 2002 hasta la fecha el IIAP está evaluando material genético procedente principalmente de las cuencas del río Napo, Putumayo, Tigre, Tahuayo, Itaya, Curaray, y recientemente de los ríos Yavarí, Mazan y Tambor. En los años 2005 y 2006 fueron preseleccionadas 715 plantas precoces para instalar 108 progenies, de las cuales fueron evaluadas y seleccionadas 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 (Pinedo y Paredes, 2011; Pinedo et al., 2014).

La parcela con muestras de 5 cuencas de Loreto-Perú, motivo del presente artículo, constituye el núcleo de mayor edad entre el amplio bagaje genético *ex situ* de camu-camu con que cuenta el IIAP. Se presentan a continuación algunos antecedentes sobre la parcela:

Mediante análisis de componentes principales, Guillen (2007), en su tesis de Ingeniero Agronomo, evaluó la colección de 6 años de edad procedente de 5 cuencas. Encontró que las variables “peso de fruto”, “rendimiento de fruta”, “diámetro de copa” y “altura de planta” explicaban el 80% de la varianza dentro de la colección y podrían ser empleadas para la selección de plantas superiores. En el análisis de correlaciones, la autora encontró que el “rendimiento de fruto” guarda una correlación positiva altamente significativa con “diámetro de copa” ($r=0.247^{**}$) y “numero de semillas” ($r=0.420^{**}$) y negativa con “peso de fruto” (-0.294^{**}). Efectuó selección “peso de fruto” ocupando los primeros lugares las plantas

TH0902 (14.91 g), Pc0401 (13.68 g), PC0913 (12.48 g), CC0723 (11.70 g), NY1022 (10.67 g), TH0215 (10.54 g), TH0622 (10.26 g) y PC0314 (9.98 g). En cuanto a rendimiento de fruta destacaron las plantas CU0518 (8866 g), CU0418 (8482 g), NY0805 (8454 g), NY0518 (7778 g), CC0116 (6726 g), Ct0109 (6491 g), Ct0530 (4287 g), NY0522 (4259 g), CU0622 (4053 g) y NY0727 (3726 g).

En el año 2009, se continuó la evaluación en las colecciones básicas del Centro Experimental San Miguel (CESM)-IIAP, inicialmente con 391 muestras genéticas de [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh], colectadas entre los años 2001- 2006: Putumayo (25 familias), Nanay (1), Tigre (32), Curaray-Tahuayo (61). En cuanto al contenido de vitamina C 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 vitamina C (>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 5 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 promedio de 6.6, 5.5, 4.0 y 3.8 Kg.planta⁻¹, respectivamente. En cuanto a niveles de ácido ascórbico, se han seleccionado en forma individual las plantas: PC0302, NY0413, PC0430, PC0120, PC0214, TH0824 y CC0207 que presentaron alto contenido de vitamina C (>2000 mg). (Bardales et al., 2010).

En la misma parcela, Mendieta (2009), selecciono genótipos superiores según el “peso de fruto”, “rendimiento de fruto”, “diámetro de planta”, “altura de planta” y “contenido de ácido ascórbico”. En cuanto al ácido ascórbico, evaluó 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). En este rubro fueron 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 “peso promedio de fruta”, destacaron las plantas: PC0310 (13,11 g.fruto⁻¹), PC0602 (12,16 g.fruto⁻¹), CU0812 (11,72 g.fruto⁻¹), CU0119 (11,66 g.fruto⁻¹), Pc0723 (11.63 g.fruto⁻¹) y PC0429 (11,59 g.fruto⁻¹). En cuanto al rendimiento de fruta fresca, ocuparon los primeros 15 lugares las plantas: PC0429 (13,13 Kg.planta⁻¹), PC0415 (8,53 Kg.planta⁻¹), Pc0504 (7,33 Kg.planta⁻¹), Ct0207 (6,62 Kg.planta⁻¹), NY0317 (6,07 Kg.planta⁻¹), NY0518 (5,6 Kg.planta⁻¹), NY0805 (4,87 Kg.planta⁻¹), NN0202 (4,63 Kg.planta⁻¹), Pc0922 (4,37 Kg.planta⁻¹), NN0210 (3,92 Kg.planta⁻¹), NY0727 (3,86 Kg.planta⁻¹), NN0818 (3,27 Kg.planta⁻¹), CC0210 (3,25 Kg.planta⁻¹), TP 0408 (3,06 Kg.planta⁻¹ y NN0701 con 2,89 Kg.planta⁻¹ .

Se tienen identificados materiales superiores por rendimiento de fruta, precocidad y tamaño de fruto (Pinedo, 2010). El IIAP en el año 2011, ha presentado los resultados de tres evaluaciones de parámetros vegetativos en los años 2007, 2008 y 2009. Los resultados posteriores, los correspondientes a los años 2010 y 2011, han sido resultados de la producción

de fruta. Se analiza en esta ocasión la congruencia que existe entre las evaluaciones de parámetros vegetativos con los de fructificación o cosecha. Se presentaron como producto de esta sistematización conclusiones más sólidas sobre la selección de progenies luego de cuatro años de instalación, (Pinedo & Paredes, 2011). En cuanto a resistencia y/o susceptibilidad a plagas de importancia agronómica para el cultivo de camu-camu, el IIAP, ha continuado los trabajos de evaluación dentro de colecciones, logrando evaluar 4 colecciones básicas y 2 pruebas genéticas, determinando preliminarmente a las progenies (familias) e individuos más destacados por sus aptitudes de adaptación y resistencia al ataque por *Tuthilia cognata* y *Conotrachelus dubiae* (Paredes y Pinedo, 2013).

Para el núcleo de colección procedente de 5 cuencas de la amazonia peruana se presenta un compendio de selección de plantas superiores en un nivel avanzado, con el análisis multianual de los descriptores priorizados. Se concluye así en un listado de plantas elegidas con criterios integrales y elevado número de mediciones, como plantas matrices para la producción de semilla de alta calidad.

Métodos

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro experimental San Miguel-IIAP, ubicado en la margen izquierda del río Amazonas, aguas arriba de la desembocadura del río Itaya, entre las coordenadas 3° 40' y 3° 45' de latitud Sur y 73° 10' y 73° 11' de longitud Oeste, 60 minutos de navegación aguas arriba de la ciudad de Iquitos (Figura 1). Es una zona inundable de restinga alta con una temperatura promedio de 26°C y precipitación pluvial de 2911,7 mm/año. Esta colección *ex situ* motivo del estudio, fue instalada en el 2002, tiene a la fecha (2017) 16 años y fue instalada en área inundable con alta densidad (1.5 x 1.0 m).

Caracterización del suelo

Se encuentra a orillas del río Amazonas que todos los años se aniega de 1 a 2 metros. La textura es franco arcillo limosa (método: Higrometro); pH moderadamente ácido de 6.006 (suelo/agua 1:2,5); conductividad eléctrica de 0.203 (conductímetro); Capacidad de Intercambio Cationico-CIC efectivo de 13.66, bajo nivel de materia orgánica de 1.33% (Walkley & Black); Nitrogeno (%) bajo de 0.09; Fosforo en nivel intermedio de 12.37 ppm (Olsen modificado Esp.Vis.); alto nivel de Potasio 254.6 ppm (Olsen modificado Abs. Atom.); bajo nivel de Aluminio (0.92%); alto nivel del cation Calcio 76.89%; mediano nivel del cation Magnesio (18.66%); bajo nivel del cation Potasio (3.75%) y bajo nivel del cation Sodio (0.69%). Relacion Potasio/Magnesio normal (0.20) y de Calcio/Magnesio 4.12 que puede considerarse normal (sin deficiencia de Mg ni de K) (Análisis: Instituto de Cultivos Tropicales Certificado AS0016-2017).

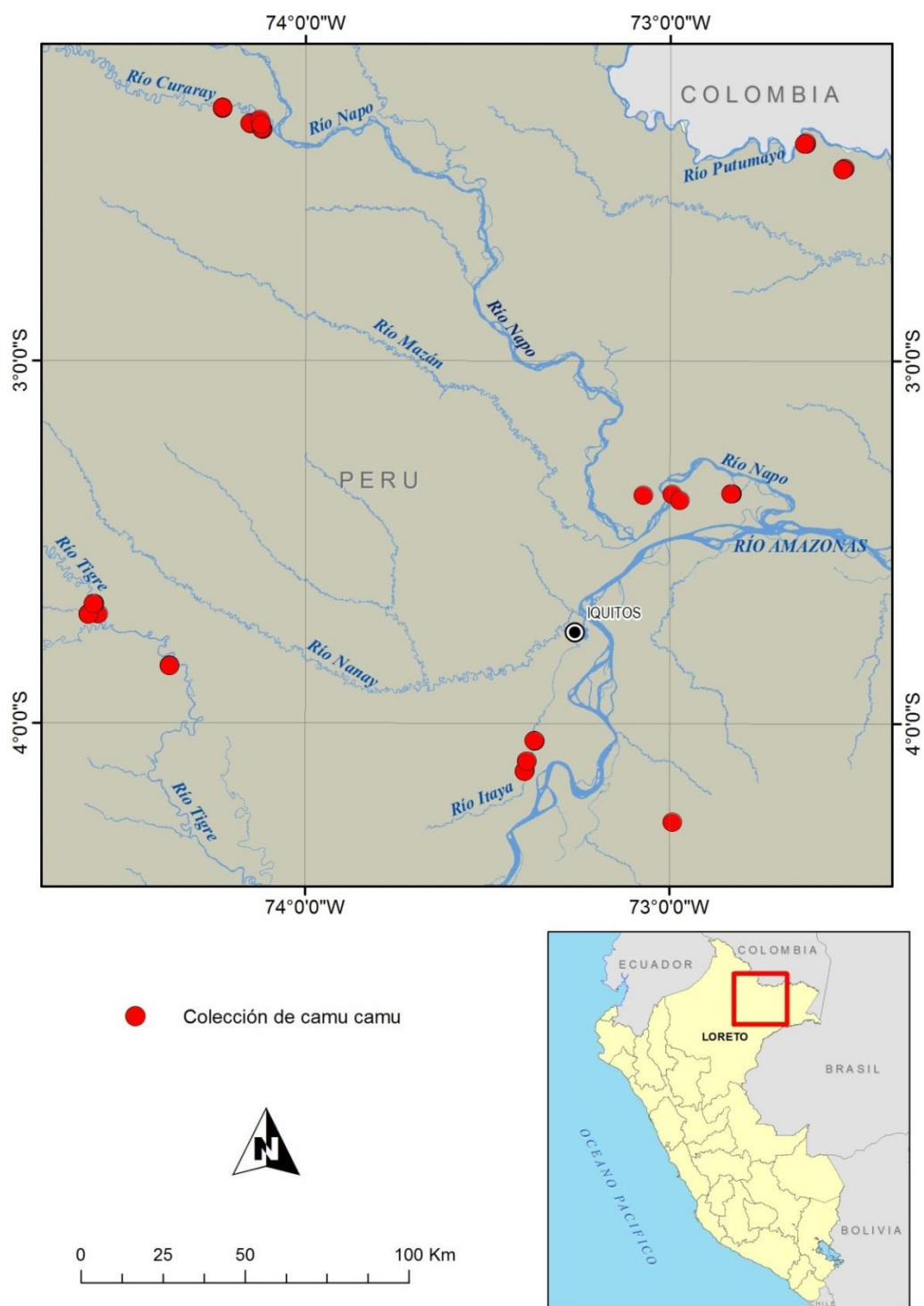


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de poblaciones de camu-camu muestreadas en las 5 cuencas.

Las procedencias del material genético evaluado se indican a continuación.

Cuadro 1. Procedencias de las muestras genéticas de camu-camu evaluadas, procedentes de 14 poblaciones en 5 cuencas de Loreto-Perú.

Cuenca (rio)	Población (Lago)	Nº Muestras Colectadas	Nº Plantas Instaladas
Itaya	Unión	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

Se identificaron a cada uno de los individuos mediante códigos según el siguiente ejemplo:

NN 03 23

El código individual NN0323, corresponde a la planta de la colección *ex situ* procedente del río Napo (N), población o cocha Núñez (N), matriz número 3 colectada en la población y planta hija número 23 procedente por propagación sexual obtenida de los frutos colectados *in situ* de la planta 3.

Variables evaluadas:

Diámetro de copa (cm): Se usó una vara para medir en centímetros de extremo a extremo el ancho de la copa de las plantas, es decir toda la extensión hasta donde las ramas de la copa tuvieran cobertura

Altura de planta (cm): Con una vara colocada en el centro de la planta se midió en centímetros la distancia desde la superficie del suelo hasta el punto máximo de proyección hacia arriba del perfil de la copa

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 realizo mediante la obtención de 20 frutos al azar en estado pintón-maduro, luego se tomo la medida del peso en gramos de cada fruto.

Rendimiento de fruta (g):

Resultante del producto del “numero total de frutos” por el “peso promedio de fruto”.

Diseño estadístico

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 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 en estimación de parámetros genéticos o métodos de análisis de varianza, somete el método de máxima verosimilitud residual (REML), lo cual permite un análisis y selección eficiente.

Modelo Estadístico

El modelo básico N° 63 del Programa Selegen Reml/Blup, fue aplicado para el análisis de repetitividad y selección individual multianual, el cual separa la varianza de cada valor obtenido según la siguiente ecuación:

$$y = X_m + W_p + e, \text{ donde:}$$

y: es el vector de datos.

m: es el vector de los efectos de medición.

p: es el vector de los efectos permanentes de plantas (efectos genotípicos + efectos de ambiente permanente) (Asumidos como aleatorios)

e: es el 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 aplico el modelo estadístico 95 (Selegen Reml/Blup)

$Y = X_r + Z_a + W_p + e$, en el que Y es el vector de datos, **r** es el vector de los efectos de repetición (Asumido como fijos) 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).

Va: Varianza genética aditiva.

Vparc: Varianza ambiental entre parcelas.

Ve: Varianza Residual (ambiental + no aditiva).

Vf: Varianza fenotípica individual.

H2a=h2: Heredabilidad individual en sentido estricto, ou seja, dos efectos aditivos.

H2aj: Heredabilidad individual en sentido estricto, ajustada para los efectos de parcela.

C2parc=C2: Coeficiente de determinación de afectos de parcela.

H2mp: Heredabilidad de media de progenies, asumiendo sobrevivencia completa.

Acprog: Acurácia de selección de progenies, asumiendo sobrevivencia completa.
 H2ad: Heredabilidad aditiva dentro de parcela.
 CVgi%: Coeficiente de variación genética aditiva individual.
 CVgp%: Coeficiente de variación genotípica entre progenies.
 CVe%: Coeficiente de variación residual.
 CVr=CVgp/CVe= 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.
 Ne: 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 repetitividad con mayor proyección en el tiempo fue aplicado el Programa GENES que recurre a varios algoritmos para el cálculo del índice de repetitividad. 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 genotipos i en la repetición j
 μ = media general
 G_i = efecto aleatório del genotipos i sobre la influencia del ambiente permanente
 A_j = Efecto fijo de la medición realizada (año)
 GA_{ij} =Interacción entre genotipos y medición j
 E_{ij} : error experimental

Las estimativas de los componentes de varianza fueron obtenidas por medio de las esperanzas de los cuadrados medios y el coeficiente de repetitividad estimado por la fórmula:

$r = \sigma^2_g / (\sigma^2_e + \sigma^2_g)$, donde:

r = coeficiente de repetitividad;
 σ^2_g = estimativa de la variância entre genotipos;
 σ^2_e = estimativa de la variância 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 determinação a 95%;
 r = coeficiente de repetitividad

El coeficiente de determinación para el número de mediciones realizadas fue calculado a través de la fórmula:

$$r^2 = nr/1 + r(n - 1), \text{ donde:}$$

r^2 = coeficiente de determinación para el numero de mediciones probadas

n = número de mediciones efectuadas

r = coeficiente de repetitividad

Resultados

Se presentan los resultados estructurados en 5 grupos: a) Análisis de repetitividad para 5 y 10 años mediante el programa SELEGEN b) Gráficos con resúmenes de rendimiento de fruta durante 10 años c) Selección con una cosecha a los 13 años de la plantación (año 2013) d) Compendio de selecciones 2006-2015 sobre marcadores morfológicos vegetativos y de cosecha y e) Análisis de repetitividad con 6 métodos procesados con el programa GENES.

a) Análisis de repetitividad para 5 y 10 años mediante el Programa SELEGEN

En los Cuadros de 2 a 8 se presentan los análisis de repetitividad con y sin ceros para rendimiento y peso promedio de fruta del camu-camu para 5 y 10 mediciones (años). El Cuadro 2 muestra el análisis para rendimiento de fruta incluyendo los valores cero para un periodo de 5 años. La media general es baja (1131.303 gramos.pl⁻¹) no tese que los ceros han sido incluidos. Así también el índice de repetitividad individual es bastante bajo ($r=0.006$) y que aun a los 5 años de evaluación continúa relativamente bajo ($r_m=0.031$) (RESENDE, 2002). Aun con una precisión de 0.17 notese que la eficiencia es relativamente alta (2.208). Se presenta en este Cuadro 2-3 los primeros 20 individuos según el rendimiento alcanzado.

Cuadro 2. Análisis de repetitividad 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

Cuadro 2.1. 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 (Repetitividad individual)
Acm =	0.177 (Precisión de selección basada en la media de m)
Desviación estándar =	13655.70 Media general 1131.303

Cuadro 2.2. 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

Cuadro 2.3. Componentes de Media (BLUP Individual): Selección de individuos

Orden	Individuo	fp (Valor fenotípico permanente)	u + fp (Valor genotípico)	Ganancia genética (g)	Ganancia genética (%)	Nueva media (g)
1	NY0805	113.3477	1244.6509	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
11	NN0323	56.020	1187.320	73.130	6.072	1204.434
12	TH0215	55.030	1186.340	71.620	5.954	1202.926
13	Ct0911	54.980	1186.290	70.340	5.854	1201.646
14	PC0429	47.150	1178.450	68.690	5.724	1199.989
15	Pc0922	46.270	1177.570	67.190	5.606	1198.495
169	TT0814	-35.150	1096.150	0.000	0.000	1131.303

En el Cuadro 3, se presenta el análisis de repetitividad de rendimiento de fruta luego de 5 evaluaciones o años; en este caso no se incluyeron los valores cero y la media general se incremento de 1131.30 g a 1590.34 g. El coeficiente de repetitividad se incremento en solo dos milésimos y la ganancia hasta los 5 años permitio en este caso un coeficiente de $r_m=0.043$ con una precisión de 0.208 y eficiencia de 2.197

Cuadro 3. Análisis de repetitividad del rendimiento (sin ceros) de fruta durante 5 años en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.

SELEGEN-REML/BLUP Sistema Estadístico Selección Genética Computadorizada
Modelos Lineales Mixtos REML/BLUP Modelo: 63 Número de Variables: 1
Variable Analizada: Rendimiento sin ceros significativos Desviación

Cuadro 3.1. Componentes de varianza (REML Individual)

Vfp	= 51915.940901	(Varianza fenotípica permanente entre plantas)
Vet	= 5741930.188765	(Varianza de ambiente temporario, no aditiva)
Vf	= 5793846.129666	(Varianza fenotípica individual)
r	= 0.008961±0.0113	(Repetitividad individual)
rm	= 0.043252	(Repetitividad de la media de m cosechas)
Acm	= 0.207972	(Precisión de selección basada en la media de m cosechas)
Média geral	= 1590.344722	

Cuadro 3.2. Eficiencia del uso de m medidas-Selección de Individuos- Modelo 63

m	Determinación	Precisión	Eficiencia
1	0.009	0.095	1.000
2	0.018	0.133	1.408
3	0.026	0.162	1.717
4	0.035	0.187	1.973
5	0.043	0.208	2.197
6	0.051	0.227	2.396
7	0.059	0.244	2.577
8	0.067	0.259	2.744
9	0.075	0.274	2.898
10	0.083	0.288	3.042

Cuadro 3.3. Componentes de Media (BLUP) - Selección de individuos-Modelo 63

Orden	Individuo	fp (Valor fen.perm.)	u + fp (Valor genotípico)	Ganancia genética	Ganancia genética (%)	Nueva Media
1	NY0805	139.460	1729.800	139.460	8.770	1729.800
2	Ct0818	128.100	1718.440	133.780	8.410	1724.120
3	Pc0511	93.940	1684.280	120.500	7.580	1710.840
4	Pc0504	93.940	1684.280	113.860	7.160	1704.200
5	TH0319	90.400	1680.740	109.170	6.870	1699.510
6	TT0725	88.000	1678.340	105.640	6.640	1695.980
7	NY0518	86.600	1676.950	102.920	6.470	1693.260
8	Ct0911	83.510	1673.850	100.490	6.320	1690.840
9	PC0429	72.790	1663.140	97.410	6.130	1687.760
10	PC0421	72.240	1662.580	94.900	5.970	1685.240
11	NN0323	71.870	1662.220	92.800	5.830	1683.150
12	NN0202	70.800	1661.140	90.970	5.720	1681.320
13	Ct0104	65.910	1656.250	89.040	5.600	1679.390
14	PC0129	65.360	1655.700	87.350	5.490	1677.690
15	TH0105	60.520	1650.870	85.560	5.380	1675.910
168	IP0401	-54.740	1535.600	0.000	0.000	1590.350

Respecto al peso promedio de fruto, se presenta en el Cuadro 4 el análisis de repetitividad incluyendo ceros para 5 mediciones o años, donde el coeficiente de repetitividad alcanza un valor de $r=0.043$; el mismo que al efectuar 5 mediciones se incrementa a $rm=0.185$ con una precisión selectiva de 0.43 y eficiencia de 2.063. La media quedo reducida a 4.57 g debido a la inclusión de los ceros. En el Cuadro 3.3 se presentan 20 plantas seleccionadas por tener un peso promedio superior, donde la planta TH0215 ocupa el primer lugar.

Cuadro 4. Análisis de repetitividad del peso promedio de frutos (con ceros) durante 5 años

en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.

SELEGEN-REML/BLUP Sistema Estadístico Selección Genética Computadorizada
Modelos Lineales Mixtos REML/BLUP Modelo: 63 Número de Variables: 1
Variable Analizada: Peso de fruto con ceros significativos Desviación

Cuadro 4.1. Componentes de varianza (REML Individual)

Vfp	=	0.721134 (Varianza fenotípica permanente entre plantas)
Vet	=	15.818518 (Varianza de ambiente temporario, no aditiva)
Vf	=	16.539652 (Varianza fenotípica individual)
r	=	0.043600±0.0204 (Repetitividad individual)
rm	=	0.185628 (Repetitividad de la media de m cosechas)
Acm	=	0.430846 (Precisión de selección basada en la media de m cosechas)
Média geral	=	4.572742

Cuadro 4.2. Eficiencia del uso de m medidas - Selección de individuos (Modelo 63)

M	Determinación	Precisión	Eficiencia
1	0.043	0.209	1.000
2	0.083	0.289	1.384
3	0.120	0.347	1.661
4	0.154	0.393	1.881
5	0.185	0.431	2.063
6	0.215	0.463	2.219
7	0.242	0.492	2.355
8	0.267	0.517	2.476
9	0.291	0.539	2.583
10	0.313	0.559	2.679

Cuadro 4.3. Componentes de Media (BLUP) Selección de individuos-Modelo 63

Orden	Individuo	fp (Valor fen. per.)	u + fp (Valor genotípico)	Ganancia genética (g)	Ganancia genética (%)	Nueva Media (g)
1	TH0215	1.0916	5.6643	1.0916	23.8721	5.6643
2	TT0725	0.9835	5.5562	1.0375	22.6890	5.6103
3	PC0913	0.8925	5.4653	0.9892	21.6327	5.5619
4	TT1025	0.7384	5.3112	0.9265	20.2616	5.4993
5	Pc0922	0.7280	5.3008	0.8868	19.3934	5.4596
6	TH0113	0.7247	5.2974	0.8598	18.8029	5.4325
7	TH0213	0.7002	5.2729	0.8370	18.3043	5.4097
8	TH0120	0.6920	5.2648	0.8189	17.9085	5.3916
9	TH0105	0.6579	5.2306	0.8010	17.5170	5.3737
10	TT1017	0.6534	5.2261	0.7862	17.1933	5.3590
11	PC0421	0.6263	5.1990	0.7717	16.8762	5.3444
12	CU0119	0.6185	5.1912	0.7589	16.5963	5.3317
13	TH0622	0.6129	5.1857	0.7477	16.3514	5.3204
14	Pc0504	0.6051	5.1779	0.7375	16.1283	5.3102
15	TT0812	0.5557	5.1285	0.7254	15.8637	5.2981
169	Ct0718	-0.8490	3.7238	0.0000	0.0000	4.5727

En el Cuadro 5 se efectuó el análisis de repetitividad para 5 mediciones del peso promedio de fruto del camu-camu sin incluir ceros. Por esta razón la media fue notablemente mayor (8.23 g), en este caso el valor de r es de 0.35 en el primer año, alcanzando un rm en el quinto año de 8.23 g con una precisión selectiva de 0.86 y eficiencia de 1.44. La planta de código Pc0511 ocupó el primero de los 20 lugares seleccionados por su mayor promedio de peso de fruto.

Cuadro 5. Análisis de repetitividad del peso promedio de frutos (sin ceros) durante 5 años en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.

SELEGEN-REML/BLUP Sistema Estadístico Selección Genética Computadorizada

Modelos Lineales Mixtos REML/BLUP Modelo: 63 Número de Variables: 1

Variable Analizada: Peso de fruto sin ceros significativos Desviación estándar = 851,56

Cuadro 5.1. Componentes de varianza (REML Individual)

Vfp	=	0.932485 (Varianza fenotípica permanente entre plantas)
Vet	=	1.690638 (Varianza de ambiente temporario, no aditiva)
Vf	=	2.623122 (Varianza fenotípica individual)
r	=	0.355487 ± 0.0792 (Repetitividad individual)
rm	=	0.733886 (Repetitividad de la media de m cosechas)
Acm	=	0.856672 (Precisión de selección basada en la media de m cosechas)
Média geral	=	8.228905

Cuadro 5.2. Eficiencia del uso de m medidas Selección de clones-Modelo 63

m	Determinación	Precisión	Eficiencia
1	0.355	0.596	1.000
2	0.525	0.724	1.215
3	0.623	0.789	1.324
4	0.688	0.830	1.391
5	0.734	0.857	1.437
6	0.768	0.876	1.470
7	0.794	0.891	1.495
8	0.815	0.903	1.514
9	0.832	0.912	1.530
10	0.847	0.920	1.543

Cuadro 5.3. Componentes de Media (BLUP Individual): Selección de individuos

Orden	Individuo	fp (Valor fenotípico)	u + fp (Valor genotípico)	Ganancia genética (g)	Ganancia genética (%)	Nueva Media (g)
1	Pc0511	2.4957	10.7246	2.4957	30.377	10.7246
2	PC0913	2.3516	10.5805	2.4236	29.405	10.6526
3	Ct0107	2.0286	10.2575	2.2920	27.825	10.5209
4	Ct0601	1.8034	10.0323	2.1698	26.367	10.3987
5	TH0215	1.6315	9.8604	2.0622	25.030	10.2911
6	TH0105	1.5010	9.7299	1.9686	23.937	10.1975
7	Ct0223	1.4962	9.7251	1.9011	23.086	10.1300
8	PC0602	1.4403	9.6692	1.8435	22.357	10.0724
9	TH0622	1.2556	9.4845	1.7782	21.628	10.0071
10	PC0408	1.2323	9.4613	1.7236	20.899	9.9525
11	PC0129	1.2317	9.4606	1.6789	20.413	9.9078
12	TT0725	1.2044	9.4333	1.6394	19.927	9.8683
13	TT0814	1.1317	9.3606	1.6003	19.441	9.8292
14	TT1017	1.0621	9.2910	1.5619	18.955	9.7908
15	Pc0504	1.0201	9.2490	1.5257	18.591	9.7546
164	Ct0911	-1.5482	6.6807	0.0000	0.000	8.2289

En los siguientes 4 Cuadros, se presentan los análisis de repetitividad para 10 mediciones o años de evaluación de la parcela en estudio. En el Cuadro 6, se procesa el rendimiento de fruta incluyendo los ceros en el análisis. En este caso, la media general es de 1242.75 y el valor del índice de regresión r alcanzo el valor de 0.045 que llevo a $rm=0.32$ al decimo año de medición. Con este valor se alcanzo una precisión selectiva de 0.57 y eficiencia de 2.66. En la selección mediante el algoritmo BLUP aparece (igual que en el Cuadro 4 para peso de fruto)

en primer lugar el individuo Pc0511 procedente del río Putumayo y la población (cocha) Coto.

Cuadro 6. Análisis de repetitividad del rendimiento de fruta (con ceros) durante 10 años en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.

SELEGEN-REML/BLUP Sistema Estadístico Selección Genética Computadorizada
Modelos Lineales Mixtos REML/BLUP Modelo: 63 Número de Variables: 1
Variable Analizada: Rendimiento de fruta (con ceros significativos) Desviación

Cuadro 6.1. Componentes de varianza (REML Individual)

Vfp	= 258554.630253 (Varianza fenotípica permanente entre plantas)
Vet	= 5431360.442148 (Varianza de ambiente temporario, no aditiva)
Vf	= 5689915.072401 (Varianza fenotípica individual)
r	= 0.045441±0.0147 (Repetitividad individual)
rm	= 0.322512 (Repetitividad de la media de m cosechas o medidas repetidas)
Acm	= 0.567901 (Precisión de selección basada en la media de m cosechas)
Mé dia general	= 1242.748520

Cuadro 6.2. Eficiencia del uso de m medidas - Selección individual (Modelo 63)

m	Determinación	Precisión	Eficiencia
1	0.045441	0.213169	1.000000
2	0.086931	0.294841	1.383137
3	0.124965	0.353505	1.658333
4	0.159958	0.399947	1.876200
5	0.192259	0.438473	2.056931
6	0.222168	0.471347	2.211145
7	0.249941	0.499941	2.345284
8	0.275799	0.525166	2.463617
9	0.299934	0.547662	2.569150
10	0.322512	0.567901	2.664094

Cuadro 6.3. Componentes de Media (BLUP Individual): Selección individual

Orden	Individuo	fp (Valor fen. perm.)	u + fp (Valor genotípico)	Ganancia genética (g)	Ganancia genética (%)	Nueva Media (g)
1	Pc0511	1337.818	2580.566	1337.818	107.650	2580.566
2	NY0805	990.98	2233.728	1164.399	93.690	2407.147
3	NN0202	859.628	2102.377	1062.809	85.520	2305.557
4	NN0907	714.806	1957.555	975.808	78.520	2218.557
5	NY0413	658.839	1901.588	912.414	73.420	2155.163
6	PC0415	641.646	1884.394	867.286	69.790	2110.035
7	Ct0316	633.92	1876.668	833.948	67.100	2076.697
8	NY0518	631.593	1874.342	808.654	65.070	2051.402
9	PC0421	550.873	1793.621	780.011	62.760	2022.76
10	Pc0504	538.78	1781.529	755.888	60.820	1998.637
11	TT0725	471.703	1714.451	730.053	58.740	1972.802
12	Ct0911	439.189	1681.937	705.814	56.790	1948.563
13	Pc0922	403.312	1646.06	682.545	54.920	1925.294
14	Ct0818	401.106	1643.854	662.442	53.300	1905.191
15	Ct0414	385.246	1627.995	643.962	51.820	1886.711
169	TH1021	-346.216	896.533	0.000	0.000	1242.748

En el Cuadro 7, para rendimiento de fruta analizado por 10 años y sin considerar los ceros por lo que la media asciende a 2235.725 g y el valor de $r=0.04$ se incrementa a 0.30 en el decimo año con 0.54 de precisión selectiva y eficiencia de 2.7. En el análisis de componentes genéticos del Cuadro 6-3 aparece (como en el Cuadro anterior) la planta Pc0511.

Cuadro 7. Análisis de repetitividad del rendimiento de fruta (sin ceros) durante 10 años en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.

SELEGEN-REML/BLUP Sistema Estadístico Selección Genética Computadorizada
Modelos Lineales Mixtos REML/BLUP Modelo: 63 Número de Variables: 1
Variable Analizada: Rendimiento de fruta (sin ceros significativos) Desviación estándar = 17010.36

Cuadro 7.1. Componentes de variânza (REML Individual)

Vfp	=	310847.879787 (Varianza fenotípica permanente entre plantas)
Vet	=	7346764.454880 (Varianza de ambiente temporario, no aditiva)
Vf	=	7657612.334667 (Varianza fenotípica individual)
r	=	0.040593 +-0.0179 (Repetitividad individual)
rm	=	0.297313 (Repetitividad de la media de m cosechas)
Acm	=	0.545264 (Precisión de selección basada en la media de m cosechas)
Media general = 2235.725959		

Cuadro 7.2. Eficiencia del uso de m medidas-Selección de clones Modelo 63

m	Determinación	Precisión	Eficiencia
1	0.041	0.201	1.000
2	0.078	0.279	1.386
3	0.113	0.336	1.666
4	0.145	0.380	1.888
5	0.175	0.418	2.074
6	0.202	0.450	2.233
7	0.229	0.478	2.373
8	0.253	0.503	2.496
9	0.276	0.525	2.606
10	0.297	0.545	2.706

Cuadro 7.3. Componentes de Media (BLUP Individual) SELEGEN Mod.63

Orden	Individuo	fp (Valor fen.perm.)	u + fp (Valor genotípico)	Ganancia genética (g)	Ganancia genética (%)	Nueva Media (g)
1	Pc0511	1246.592	3482.318	1246.592	55.760	3482.318
2	NN0202	674.642	2910.368	960.617	42.970	3196.343
3	NN0907	672.609	2908.335	864.615	38.670	3100.340
4	NY0805	643.718	2879.444	809.390	36.200	3045.116
5	NY0413	588.163	2823.889	765.145	34.220	3000.871
6	Ct0316	548.867	2784.593	729.099	32.610	2964.825
7	Pc0504	503.999	2739.725	696.942	31.170	2932.668
8	Ct0818	459.569	2695.295	667.270	29.840	2902.996
9	NY0518	456.735	2692.461	643.877	28.800	2879.603
10	PC0421	429.583	2665.309	622.448	27.840	2858.174
11	Ct0911	427.386	2663.112	604.715	27.050	2840.441
12	PC0415	409.927	2645.653	588.482	26.320	2824.209
13	Pc1014	404.113	2639.839	574.300	25.690	2810.026
14	TT0725	393.126	2628.852	561.359	25.110	2797.085

15	NY0610	376.739	2612.465	549.051	24.560	2784.777
168	TT0814	-360.382	1875.343	0.000	0.000	2235.726

Continuando con el análisis de repetitividad el Cuadro 8 se refiere a la variable “peso promedio de fruto” con 10 mediciones. Encontramos un valor bastante bajo de $r=0.004$ que al decimo año solo alcanza el valor de $rm=0.04$. La media es relativamente baja ($m=4.459$ g) debido a la inclusión de los ceros

Cuadro 8. Análisis de repetitividad del peso de fruto (con ceros) durante 10 años en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.

SELEGEN-REML/BLUP Modelo 63 Rendimiento de fruta (con ceros) D.E. 6386.85

Cuadro 8.1. Componentes de variância (REML Individual)

Vfp =	0.065 (Varianza fenotípica permanente entre plantas)
Vet =	16.283 (Varianza de ambiente temporario, no aditiva)
Vf =	16.348 (Varianza fenotípica individual)
r =	0.004±0.0043 (Repetitividad individual)
rm =	0.038 (Repetitividad de la media de m cosechas)
Acm =	0.195 (Precisión de selección basada en la media de m cosechas)
Média geral =	4.459

Cuadro 8.2. Eficiencia del uso de m medidas Selección de Individuos Modelo 63

m	Determinacion	Acuracia	Eficiencia
1	0.004	0.063	1.000
2	0.008	0.089	1.411
3	0.012	0.108	1.725
4	0.016	0.125	1.988
5	0.019	0.139	2.219
6	0.023	0.152	2.426
7	0.027	0.164	2.615
8	0.031	0.175	2.790
9	0.034	0.186	2.954
10	0.038	0.195	3.108

Cuadro 8.3. Componentes de Media (BLUP Individual): Selección individual (SELEGEN Mod.63)

Orden	Individuo	fp Valor fenotipico permanente	u+fp Valor genotipico	Ganancia genetica (g)	Ganancia genetica (%)	Nueva media
1	TH0215	0.150	4.610	0.150	3.364	4.610
2	TT0725	0.130	4.590	0.140	3.140	4.600
3	TT1017	0.120	4.580	0.130	2.915	4.590
4	PC0421	0.110	4.570	0.130	2.915	4.590
5	PC0415	0.100	4.560	0.120	2.691	4.580
6	Pc0922	0.100	4.560	0.120	2.691	4.580
7	Pc0511	0.100	4.550	0.120	2.691	4.570
8	NN0708	0.090	4.550	0.110	2.467	4.570
9	NY0805	0.090	4.550	0.110	2.467	4.570
10	PC0913	0.090	4.550	0.110	2.467	4.570
11	Pc0504	0.090	4.540	0.110	2.467	4.570
12	Ct0414	0.080	4.540	0.110	2.467	4.560
13	Pc0113	0.070	4.530	0.110	2.467	4.560

14	PC0129	0.070	4.530	0.110	2.467	4.560
15	CU0922	0.060	4.520	0.110	2.467	4.560

Con los niveles de r el cálculo de BLUP en el Cuadro 8, alcanza una precisión selectiva de 0.195 y 3.108 de eficiencia. El individuo TH0215 procedente del río Tigre y población (cocha) Huacamayo, alcanza una nueva media de 4,61.

Cuadro 9. Análisis de repetitividad del peso de fruto (sin ceros) durante 10 años en germoplasma de camu-camu procedente de 5 cuencas de Loreto-Perú.

SELEGEN-REML/BLUP Modelo 63 Rendimiento de fruta (con ceros) D.E. 1784.24

Cuadro 9.1. Componentes de variância (REML Individual)

Vfp	=	0.636474 (Varianza fenotípica permanente entre plantas)
Vet	=	2.279280 (Varianza de ambiente temporario, no aditiva)
Vf	=	2.915754 (Varianza fenotípica individual)
r	=	0.218288 \pm 0.0445 (Repetitividad individual)
rm	=	0.736317 (Repetitividad de la media de m cosechas)
Acm	=	0.858089 (Precisión de selección basada en la media de m cosechas)
Média geral	=	8.356354

Cuadro 9.2. Eficiencia del uso de m medidas (10 años)

m	Determinación	Precisión	Eficiencia
1	0.218	0.467	1.000
2	0.358	0.599	1.281
3	0.456	0.675	1.445
4	0.528	0.726	1.555
5	0.583	0.763	1.634
6	0.626	0.791	1.694
7	0.662	0.813	1.741
8	0.691	0.831	1.779
9	0.715	0.846	1.810
10	0.736	0.858	1.837

Cuadro 9.3. Componentes de Media (BLUP): Selección de individuos modelo 63

Orden	Individuo	fp (Valor fenotípico)	u + fp (Valor genotípico)	Ganancia genética (g)	Ganancia genética (%)	Nueva Media (g)
1	Ct0107	1.930	10.290	1.930	23.097	10.290
2	Pc0511	1.830	10.190	1.880	22.499	10.240
3	PC0913	1.800	10.160	1.860	22.259	10.210
4	PC0602	1.640	9.990	1.800	21.541	10.160
5	TH0215	1.540	9.900	1.750	20.943	10.110
6	TH0105	1.140	9.500	1.650	19.746	10.000
7	TT0725	1.140	9.490	1.570	18.789	9.930
8	TH0622	1.110	9.460	1.520	18.191	9.870
9	Pc1014	1.100	9.460	1.470	17.592	9.830
10	PC0129	1.040	9.390	1.430	17.113	9.780
11	TH0220	1.040	9.390	1.390	16.635	9.750
12	Ct0223	0.900	9.250	1.350	16.156	9.710
13	Ct1026	0.870	9.220	1.310	15.677	9.670
14	TH0217	0.850	9.210	1.280	15.318	9.640
15	Pc0504	0.780	9.140	1.250	14.959	9.600

168	NN0323	-1.170	7.180	0.000	0.000	8.360
-----	--------	--------	-------	-------	-------	-------

En el Cuadro 9 se presenta el último análisis de repetitividad con el Programa SELEGEN que corresponde a 10 mediciones de la variable peso de fruto que alcanza un promedio de 8.35 al no ser incluidos los ceros. El índice de repetitividad ($r=0.22$) es relativamente alto con lo que se logra al decimo año un valor de $rm=0.74$, lo que permite una precisión selectiva de 0.86 con una eficiencia de 1.83, relativamente bajo por el tipo de unidad y relativa baja varianza de este descriptor. 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 planteado de 10 g.

En el Cuadro 10 se resume los resultados de los 8 cuadros anteriores. Para el caso del rendimiento de fruta se observa que el r mejoro con la exclusión de ceros a los 5 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.

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

Tiempo	Parámetros	5 años			10 años		
		\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 = Coeficiente de repetitividad rm = r incrementado con m mediciones

b) Gráficos con resumen de rendimiento durante 10 años

En la Figura 2 se resumen los promedios de rendimiento de fruta logrados en 10 años entre el 2006 y 2015. Se muestra en escala logarítmica las tendencias de mínimos, promedios de los 10 y 5 mejores individuos y los valores máximos obtenidos en la década. 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. Nótese que los valores promedios son relativamente bajos alrededor de un kilo/planta llegando al máximo aproximado de 3 kilos al octavo año. Es importante destacar que la parcela en estudio fue establecida con alta densidad desde $1.5 \text{ m}^2.\text{planta}^{-1}$ al inicio hasta $6\text{m}^2.\text{planta}^{-1}$ al decimo 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.

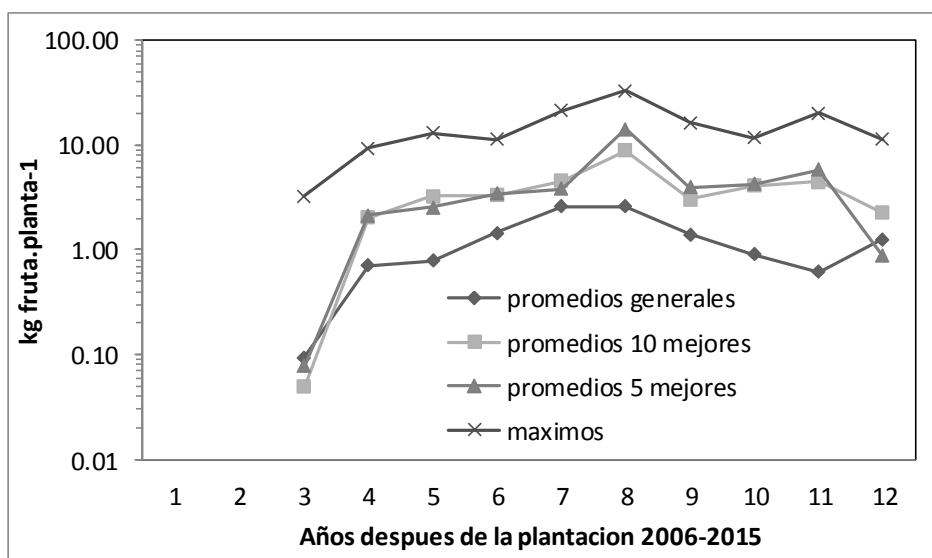


Figura 2. Rendimiento de los genótipos de camu-camu de las 5 cuencas, Loreto, Perú.

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.

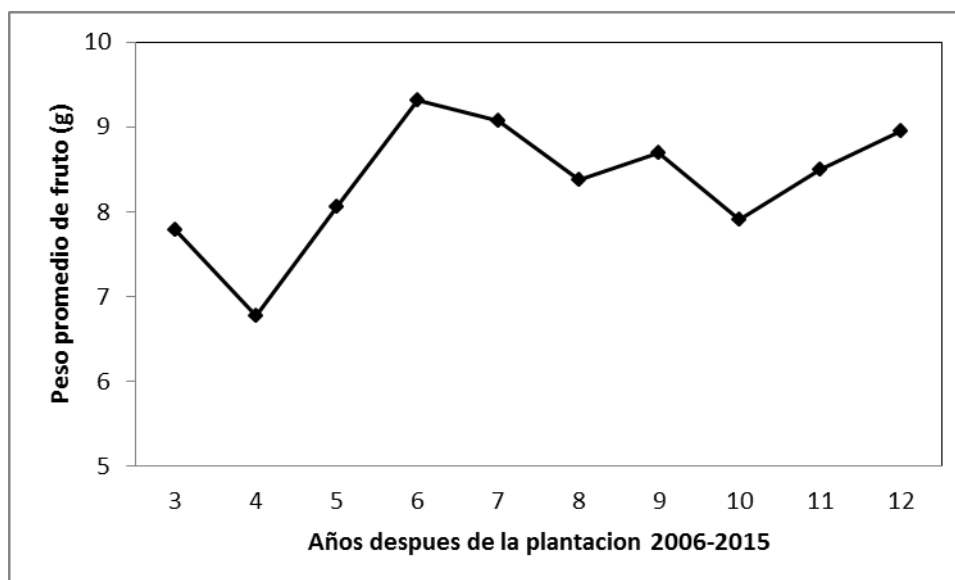


Figura 3. Peso de fruto de genótipos de camu-camu de las 5 cuencas, Loreto, Perú.

c) Selección con una cosecha a los 13 años de la plantación (año 2013)

Se presenta una selección sobre la base de una selección anual con el Programa SELEGEN REML/BLUP modelo 95. Esta evaluación fue realizada durante la cosecha iniciada en el año 2013 en plantas de la colección motivo del presente estudio, a los 13 años de edad. De las 5 cuencas evaluadas, Curaray, Putumayo y Napo se mostraron superiores en cuanto al rendimiento y peso promedio de frutos. A nivel individual, resultaron seleccionadas 16 plantas matrices superiores, en base a 3 criterios: rendimiento de fruta, tolerancia a la plaga gorgojo del fruto y peso promedio de fruto (Cuadro 11).

Cuadro 11. Selección de plantas superiores de camu-camu según criterios priorizados

Planta seleccionada	Procedencia	Criterios de selección		
		Rendimiento de fruta	Tolerancia al gorgojo del fruto	Peso Promedio de fruto
NN0202	Napo/Nuñez	Si	No	No
CC0530	Curaray/Chavarrea	Si	Si	No
Pc0511	Putumayo/Coto	Si	No	Si
Ct1012	Curaray/Tostado	No	No	Si
TT0110	Tigre/Tipishca	No	Si	No
NY0518	Napo/Yuracyacu	Si	-	-
Pc0719	Putumayo/Coto	Si	-	-
Pc0504	Putumayo/Coto	Si	-	-
Ct0109	Cuararay/Tostado	-	-	Si
Ct0107	Curaray/Tostado	-	-	Si
Ct1026	Curaray/Tostado	-	-	Si
IP0233	Itaya/Pelejo	-	Si	-
TH0215	Tigre/Huacamayo	-	Si	-
PC0129	Ptumayo/Cedro	-	Si	-
NY1024	Nanay/Yuracyacu	-	Si	-
TH0217	Tigre/Huacamayo	-	Si	-

Se presenta a continuación en el Cuadro 12, los componentes de varianza para cuatro descriptores: “número total de frutos”, “porcentaje de frutos atacados”, “rendimiento de fruta” y “peso promedio de fruto”. Los índices de heredabilidad (h^2) resultantes son muy bajos para todas esas variables.

Cuadro 12. Componentes de varianza (REML Individual) y heredabilidad para cuatro variables en evaluación de cosecha de camu-camu (año 2013).

Fuentes de variación	Número total de frutos	% de frutos atacados por gorgojo	Peso promedio de fruto (g)	Rendimiento de fruta (g)
Va	6007.645	96.673	0.087	397370.490
Ve	54068.809	870.054	2.987	3576334.412
Vf	60076.454	966.727	3.074	3973704.903
h ² a	0.100±0.168	0.100±0.168	0.028±0.084	0.100±0.168
h ² mp	0.025	0.025	0.014	0.025
Acprog	0.158	0.158	0.118	0.158
h ² ad	0.077	0.077	0.021	0.077
CV _{gi} %	38.759	27.693	6.778	39.902
CV _{gp} %	19.379	13.847	3.389	19.951
CV _e %	121.027	86.473	40.160	24.593
CV _r	0.160	0.160	0.084	0.160
Media general	199.973	35.504	4.350	1579.814

Componentes de Varianza (REML Individual): **Va**: Varianza genética aditiva. **V_{parc}**: Varianza ambiental entre parcelas. **Ve**: Varianza Residual (ambiental + no aditiva). **Vf**: Varianza fenotípica individual. **H²a=h²**: Heredabilidad individual en sentido restringido, o sea, de los efectos aditivos. **H²aj**: Heredabilidad individual en sentido restringido, ajustada para los efectos de parcela. **C²parc=C²**: Coeficiente de determinación de afectos de parcela. **H²mp**: Heredabilidad media de progenies, asumiendo sobrevivencia completa. **Acprog**: Precisión 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. Media General del experimento.

En el siguiente Cuadro 13 se presenta el orden de méritos de las 20 primeras plantas con un valor máximo de 12.97 g para el individuo Pc0511. Notese que el valor f (valor de campo) no es necesariamente el referente para la clasificación sino que depende de otros valores genéticos presentes en el Cuadro. Como puede verse, la mayoría de las plantas seleccionadas (70%) superan el valor señalado en ideotipo (Pinedo et al., 2004) de 10 g.

Cuadro 13. Orden de mérito individual de 20 plantas de camu-camu, según el “peso promedio de fruto” (Cosecha 2013).

Orden	Planta	F	a	u+a	Ganho	Nueva Media	Ne	d	g
1	Pc0511	12.970	0.149	4.499	0.149	4.499	1.000	0.075	0.223
2	Ct1012	12.160	0.126	4.477	0.138	4.488	2.000	0.063	0.189
3	Ct0109	12.160	0.126	4.477	0.134	4.484	3.000	0.063	0.189
4	Ct0107	11.710	0.113	4.464	0.129	4.479	4.000	0.057	0.170
5	Ct1026	11.520	0.108	4.459	0.125	4.475	5.000	0.054	0.162
6	Ct0414	10.650	0.083	4.434	0.118	4.468	6.000	0.042	0.125
7	CU0522	10.600	0.082	4.432	0.113	4.463	7.000	0.041	0.123
8	PC0910	10.480	0.079	4.429	0.108	4.459	8.000	0.039	0.118
9	CC0107	10.310	0.074	4.424	0.105	4.455	9.000	0.037	0.111
10	CU0302	10.070	0.067	4.418	0.101	4.451	10.000	0.034	0.101
11	PC0421	10.070	0.067	4.417	0.098	4.448	11.000	0.034	0.101
12	Pc0922	10.030	0.066	4.416	0.095	4.446	12.000	0.033	0.099
13	NN0422	9.930	0.063	4.414	0.093	4.443	13.000	0.032	0.095
14	Ct0223	9.800	0.059	4.410	0.090	4.441	14.000	0.030	0.089
15	TH0213	9.730	0.057	4.408	0.088	4.438	15.000	0.029	0.086
16	TH0215	10.170	0.055	4.405	0.086	4.436	16.000	0.035	0.090
17	PC0430	10.100	0.053	4.404	0.084	4.434	17.000	0.034	0.088
18	TT0110	9.580	0.053	4.404	0.082	4.433	18.000	0.027	0.080
19	CC0506	9.520	0.052	4.402	0.081	4.431	19.000	0.026	0.077
20	Pc0504	9.520	0.052	4.402	0.079	4.430	20.000	0.026	0.077

Componentes de Varianza (BLUP Individual): **f**=valor fenotípico individual o medición de campo; **a**=efecto genético aditivo previsto; **u + a** = valor genético aditivo previsto; **Ne** = Tamaño efectivo poblacional **d** = efecto genético de dominancia dominancia previsto (suponiendo determinado grado medio de dominancia en el caso de progenies de medios hermanos); **g** = a+d efecto genotípico previsto

En el Cuadro 14, se muestra la selección de 20 plantas según rendimiento del año 2013 con 39% de ganancia genética para el individuo CC0530 que ocupa el primer lugar en la lista de plantas seleccionadas. El rendimiento alcanzado por esta planta de 11707.0 kg es muy superior al promedio general de 2235.7 kg (Cuadro 6). Plantas procedentes de las cuencas Curaray y Napo, destacan por su alto rendimiento.

Cuadro 14. Orden de Mérito del 20 mejores plantas, según el rendimiento de fruta (año 2013) en colección de camu-camu procedente de 5 cuencas.

Numero	Planta	f	a	u+a	Ganho	Nova Media	Ne	D	g
1	CC0530	11707.000	1012.719	2592.533	1012.719	2592.533	1	506.359	1519.078
2	NN0202	10942.000	936.219	2516.033	974.469	2554.283	2	468.109	1404.328
3	NY0518	8175.000	659.519	2239.333	869.485	2449.299	3	329.759	989.278
4	Pc0719	5721.000	414.119	1993.933	755.644	2335.458	4	207.059	621.178
5	Pc0504	5690.000	411.019	1990.833	686.719	2266.533	5	205.509	616.528
6	Pc0511	5636.000	405.619	1985.433	639.869	2219.683	6	202.809	608.428
7	CU0703	5083.000	350.319	1930.133	598.504	2178.319	7	175.159	525.478
8	Ct0321	4358.000	277.819	1857.633	558.419	2138.233	8	138.909	416.728
9	NN0907	4172.000	259.219	1839.033	525.174	2104.988	9	129.609	388.828
10	Ct0104	4120.000	254.019	1833.833	498.059	2077.873	10	127.009	381.028
11	CC0116	3804.000	222.419	1802.233	473.000	2052.815	11	111.209	333.628
12	NN0520	3791.000	221.119	1800.933	452.010	2031.824	12	110.559	331.678
13	NY0704	3681.000	210.119	1789.933	433.403	2013.217	13	105.059	315.178
14	Ct0316	3636.000	205.619	1785.433	417.133	1996.947	14	102.809	308.428
15	CT0321	3218.000	163.819	1743.633	400.245	1980.059	15	81.909	245.728
16	NY0221	3192.000	161.219	1741.033	385.306	1965.120	16	80.609	241.828
17	CC0318	3191.000	161.119	1740.933	372.119	1951.933	17	80.559	241.678
18	Ct1026	3051.000	147.119	1726.933	359.619	1939.433	18	73.559	220.678
19	Ct0718	2938.000	135.819	1715.633	347.840	1927.654	19	67.909	203.728
20	NY0805	2801.000	122.119	1701.933	336.554	1916.368	20	61.059	183.178

d) Un compendio de selecciones 2006-2015 sobre marcadores morfológicos vegetativos y de cosecha.

En los Cuadros 15 al 17 se presentan todas las selecciones efectuadas sobre la colección en estudio. El Cuadro 15, presenta siete selecciones efectuadas entre los años 2007 y 2014 según el rendimiento de fruta. Tres de ellas son anuales y las restantes incorporaron 10 cosechas ocurridas del año 2006 al 2015. Se presentan las 10 primeras plantas en el orden de merito de las selecciones. La inclusión o exclusión de ceros en el análisis ha sido un detalle discriminante en las selecciones tanto para rendimiento como para peso de fruto. La comparación del análisis de repetitividad y las selecciones resultantes permitieron determinar cual de las opciones cuenta con más eficiencia incremental del rendimiento y del peso promedio de fruto. Se resalta la aparición destacada de la planta Pc0511 en las selecciones multianuales como producto del análisis de repetitividad, la misma que no fue detectada o destacada en las selecciones anuales.

Cuadro 15. Individuos seleccionados según el rendimiento de fruta sobre colección de 5 cuencas de camu-camu.

Méthod	Yield of fruit						
	Selegen	Selegen	Selegen c/ceros	Selegen s/ceros	Selegen c/ceros	Selegen s/ceros	Selegen
Author	Guillen	Mendieta	Pinedo	Pinedo	Pinedo	Pinedo	Pinedo
Year	2007	2009	2006- 2010	2006- 2010	2006- 2015	2006- 2015	2013
Merit							
1	CU0518	PC0429	NY0805	NY0805	Pc0511	Pc0511	CC0530
2	CU0418	PC0415	Ct0818	Ct0818	NY0805	NN0202	NN0202
3	NY0805	Pc0504	Pc0504	Pc0511	NN0202	NN0907	NY0518
4	NY0518	Ct0207	TT0725	Pc0504	NN0907	NY0805	Pc0719
5	CC0116	NY0317	NY0518	TH0319	NY0414	NY0413	Pc0504
6	Ct0109	NY0518	NN0202	TT0725	PC0415	Ct0316	Pc0511
7	Ct0530	NY0805	Pc0511	NY0518	Ct0316	Pc0504	CU0703
8	NY0522	NN0202	TH0319	Ct0911	NY0518	Ct0818	Ct0321
9	CU0622	Pc0922	PC0421	PC0429	PC0421	NY0518	NN0907
10	NY0727	NN0210	TH0105	PC0421	Pc0504	PC0421	Ct0104

Nota: Se resalta con letras “**negritas**” a la planta Pc0511, NN0202, NY0805 y NY0518 que destacaron por rendimiento de fruta.

En el Cuadro 16, se incluyen siete selecciones según el peso promedio de fruto evaluados entre los años 2007 y 2015, tres de ellas corresponden a un solo año (2007, 2009 y 2013). Las otras selecciones son multianuales con inclusión y exclusión de ceros. La planta TH0215 se muestra

consistente tanto en las selecciones anuales como multianuales. También destaca la planta Pc0511 por peso de fruto además de rendimiento de fruta mostrado en el Cuadro 15

Cuadro 16. Individuos seleccionados según el peso de fruto sobre colección de 5 cuencas de camu-camu.

Méthod	Weigth of fruit						
	Excel	Selegen	Selegen c/ceros	Selegen s/ceros	Selegen c/ceros	Selegen s/ceros	Selegen
Author	Guillen	Mendieta	Pinedo	Pinedo	Pinedo	Pinedo	Pinedo
Año Merito	2007	2009	2006-2010	2006-2010	2006-2015	2006-2015	2013
1	TH0902	PC0310	TH0215	Pc0511	TH0215	Ct0107	Pc0511
2	Pc0401	PC0602	TT0725	PC0913	TT0725	Pc0511	Ct1012
3	PC0913	CU0812	PC0913	Ct0107	TT1017	PC0913	Ct0109
4	CC0723	CU0119	TT1025	Ct0601	PC0421	PC0602	Ct0107
5	NY1022	Pc0723	Pc0922	TH0215	PC0415	TH0215	Ct1026
6	TH0215	PC0429	TH0113	TH0105	Pc0922	TH0105	Ct0414
7	TH0622	Ct0719	TH0213	Ct0223	Pc0511	TT0725	CU0522
8	PC0314	Pc0822	TH0120	PC0602	NN0708	TH0622	PC0910
9	TP0211	TH0510	TH0105	TH0622	NY0805	Pc1014	CC0107
10	TH0408	TH0520	TT1017	PC0408	PC0913	PC0129	CU0302

Nota: Se destaca con letras “**negritas**” a las plantas TH0215, TH0105, TH0622, TT0725, Pc0511, PC0913 y CU0812 que destacaron por peso de fruto

En el Cuadro 17, se han incluido selecciones según algunas variables vegetativas para los primeros años de la evaluación de la colección en estudio (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 genótipos superiores. Se nota poca similitud entre estas colecciones y aparentemente no existe correlación ni entre las variables vegetativas ni con ácido ascórbico ni con incidencia del gorgojo del fruto.

Cuadro 17. Individuos seleccionados segun descriptores vegetativos, acido ascórbico y tolerancia al gorgojo del fruto (*Conotrachelus dubiae*) sobre colección de camu-camu de 5 cuencas.

Descriptor	Descriptores Vegetativos						Acido Ascorbico	Tolerancia Gorgojo
Método	altpl Excel	diamcop Excel	numram Excel	diamcop Excel	altpla Excel	diamcop Excel	Excel	Excel
Autor	Pinedo	Pinedo	Pinedo	Guillen	Mendieta	Mendieta	Mendieta	Pinedo
Año	2006	2006	2006	2007	2009	2009	2009	2014
Mérito								
1	IP0615	NY0709	Ct0109	PC0407	Pc0719	CC0710	Ct0813	TT0110
2	CU0316	CU0316	TT0425	NN0713	NY0913	PC0518	NY0214	TH1018
3	TH0709	Pc0725	CC0723	Pc0230	NY0413	CT0304	Pc0327	TH0215
4	NY0709	TH0903	Pc0916	NN0814	Pc0602	CC0510	PC0405	PC0129
5	TH0704	IP0132	CU0907	IP0459	NN0906	PC0913	NN0132	NY1024
6	TT0723	CU0308	IP0304	CU0314	PC0429	TH0607	TH0120	NN0313
7	IU0102	NY1023	TH0420	Ct0121	NN0614	PC0508	CT0109	IP0537
8	IP0714	CC0726	IP0132	Pc0804	NY1005	PC0907	Ct0109	IP0233
9	NY0416	NY0603	NY0513	Ct0530	Ct0109	CU0812	TH0221	TH0217
10	CC0723	TH0513	Ct0414	Ct0204	TT0902	Ct0109	NN0403	IP0230

Leyenda: **altpl**=Altura de planta; **diamcop**=Diametro de copa; **numram**=Numero de ramas

e) Un análisis de repetitividad con 6 métodos procesados con el programa GENES.

En los Cuadro 18 y 19, se presentan los resultados de análisis de repetitividad para rendimiento y peso promedio de fruta efectuado sobre 10 cosechas con el Programa Genes. Este programa se vale de 6 métodos de análisis para calcular un índice de repetitividad (llamado estimativa en el Cuadro). 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.

Cuadro 18. Análisis de repetitividad con seis modelos estadísticos para rendimiento de fruta sobre colección de camu-camu de 5 cuencas.

Método	Estimativa	Determinación (%)
1) ANOVA – Modelo 1	.045	32.213
2) ANOVA – Modelo 2	.031	24.129
3) Componente principal – Covarianza	.234	75.306
4) Componente principal – Correlacion	.074	44.382
5) Analisis estructural - Covarianza	.045	32.213
6) Analisisestructural-Correlacion (r médio)	.045	32.254

Número de mediciones (m) para ciertos coeficientes de determinacion (r ²)					
r ²	Anova-1	Anova-2	Componente Covarianza	Componente Correlacion	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

Cuadro 19. Analisis de repetitividad con seis modelos estadísticos para peso de fruta sobre colección de camu-camu de 5 cuencas.

Metodo	Estimativa	Determinacion (%)
1) ANOVA – Modelo 1	- .004	- 4.137
2) ANOVA – Modelo 2	- .022	- 27.675
3) Componente principal - Covarianza	0.135	60.954
4) Componente principal - Correlacion	0.124	58.502
5) Analisis estructural - Covarianza	-0.004	- 4.137
5) Analisis estructural – Correlacion (r médio)	-0.007	-7.349

Numero de mediciones para ciertos coeficientes de determinacion (r ²)					
r ²	Anova-1	Anova-2	Componente Covarianza	Componente Correlacion	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

Discusion

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 perenes, la gran área necesaria, dificulta la instalacion de experimentos con

delineamientos estadísticos adecuados y una estimativa de parâmetros genéticos, como la heredabilidad, pero no impide una estimación del coeficiente de repetitividad de caracteres de interés al mejoramiento (Albuquerque et al., 2004). 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 & Vilela (2010) presenta el método de Selección precoz intensiva (SPI) aplicado al caso (*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.

Nuestros resultados del análisis de repetitividad 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. Significa que el peso promedio del fruto tiene más control genético que el rendimiento. Padilha et al., (2001) también encontró para el caso del huasai que el “peso medio de los frutos” fue más eficiente para la selección de genótipos 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.

La magnitud de $r=0.17$ es considerada baja por Oliva & Resende (2008) y que a partir de esta estimación se puede inferir que la heredabilidad del carácter producción de fruta es baja porque la repetitividad representa el valor máximo que la heredabilidad puede asumir (Oliva C, 2008). Al respecto Farias & Resende (2001), opinan que las estimaciones de heredabilidad en el sentido restringido consideradas bajas (relacionado con bajo índice de repetitividad) 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 alta, procedente de 5 cuencas. Otra posible causa sería la condición genéticamente básica del material colectado.

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 genótipos 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 genótipos y el ambiente temporario puede ser suficiente para neutralizar aquella reducción; las expresiones escritas en la literatura para el cálculo de la repetitividad pueden no tener validez.

Las variables vegetativas según Pinedo et al., (2014), mostraron niveles más significativos de heredabilidad que las variables productivas. Según el análisis de repetitividad, 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 paso de $h^2=0.25$. Para el rendimiento de fruta, el índice de repetitividad 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 & Resende (2008) con SELEGEN REML/BLUP, encontraron una repetitividad individual de producción de magnitud moderada ($r=0.41$). La repetitividad media de 5 cosechas fue $r_m=0.77$, 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 média anual de frutos por planta de 7.75 para 26.17 kg/año. Otro análisis con camu-camu de la Amazonia 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 repetitividad individual para el rendimiento de frutos en Kg.planta^{-1} fue $r= 0.19$ que a la cuarta cosecha fue de $r_m= 0.49$ 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.

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 plantas 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.

Para el camu-camu arbóreo *Myrciaria floribunda*, Araujo (2012) estimo la repetitividad y correlación fenotípica en caracteres físicos y físico-químicos de los frutos. Los coeficientes de repetitividad para características físicas del fruto demostraron alto nivel permitiendo en 5 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 repetitividad 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), lo cual podría explicar la baja repetitividad de este carácter.

Tambien fueron aplicados métodos REML-BLUP (RESENDE & DUARTE, 2007) por Galveas (2012) en piñon manso. El número de repeticiones (cosechas) necesarias para alcanzar un elevado grado de repetitividad (80 a 90%) vario de 1 (DA SILVA et al., 2012) a 18 (MAGALHAES et al., 2010) dependiendo de la variable. La eficiencia de la variable para para estimar el grado de repeticion depende de la influencia del ambiente.

Al aplicar en nuestro estudio otros seis métodos de análisis de repetitividad para las diez cosechas mediante el Programa GENES (Cruz & Regazzi, 1997) los índices más favorables tanto para rendimiento como peso de fruta se obtuvieron mediante los métodos de componentes principales con covarianza (Cuadros 17 y 18). 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 métodos 5 métodos muestran un número de mediciones inviables por ser demasiado grandes.

En la búsqueda de formas más eficientes para evaluar y seleccionar caracteres se aplicaron diferentes métodos de repetitividad tales como: análisis de varianza aplicado por Degenhardt et al. (2002) en guayaba serrana *Acca sellowiana*, Peixoto et al. (2013) con murici (*Byrsonima dealbata* Griseb) y Do Vale et al. (2010) 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.); e el análisis estructural, propuesto por Mansour et al. (1981) considerado el más adecuado para estimar el coeficiente de repetitividad cuando, a lo largo de las evaluaciones, los genótipos presentan comportamiento cíclico.

Este método 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. (2009) con palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) y Danner et al. (2010) que lo aplicó en arazá (*Prunus salicina* Lindell) y pitanga (*Prunus persica* L. Batsch).

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 (Cuadro 14) 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 **Pc050511** y **NN0202**.

Conclusiones

La aplicación en el presente estudio de análisis de repetitividad mediante programas estadísticos principalmente SELEGEN REML/BLUP, ha permitido fortalecer el método para seleccionar genótipos 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 multianuales, 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). Fue posible estimar la capacidad de control genético para los cinco descriptores evaluados, donde por ejemplo el peso promedio de fruto presentó mayor nivel e el índice de repetitividad que el rendimiento de fruta.

Para el descriptor de mayor importancia que es el rendimiento de fruta, se logró en el largo plazo de diez años un índice de repetitividad de nivel intermedio y eficiencia notable para incrementar la productividad. Los primeros diez individuos seleccionados en orden de mérito

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

Respecto al peso promedio de fruto con 10 mediciones, se alcanzo niveles altos en el índice de repetitividad y eficiencia resultando seleccionados en orden de merito las plantas: Ct0107, Pc0511, PC0913, PC0602, TH0215, TH0105, TT0725, TH0622, Pc1014 y PC0129.

Para el carácter de contenido de acido ascórbico se confirmo el bajo nivel de control genético y resultaron seleccionadas las plantas Ct0813, NY0214, Pc0327, PC0405 y NN0132

Un individuo recombinante natural (rendimiento x peso de fruto) es Pc0511 procedente del rio Putumayo y población Coto.

Agradecimiento

Expresamos nuestra gratitud a CAPES y CNP por el financiamiento del estudio del primer autor de la investigación y al CNPq por el financiamiento de productividad del investigador Edvan Chagas. También al IIAP por el apoyo para el desarrollo de la investigación en camu-camu y en entrenamiento a nivel de Doctorado del autor.

Referencias

- Bardales, M. (2010). Evaluación Genética de Plantas superiores de Camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh) en Loreto y Ucayali. Informe Técnico. Proyecto FINCyT –IIAP. Evaluación dinámica de 106 Progenies del Germoplasma 5 Cuencas. 14 p.
- Bardales, R., Pinedo, M., Ramos, J., & Farro, S. (2010). Evaluación y selección en colecciones básicas de camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] en Loreto, Perú. In Primer congreso peruano de mejoramiento genético y biotecnología agrícola. 130 p.
- Cavalcante, M.; Andrade, L.M.; Ferreira, S.M.; Ferreira, P.E.; Caraciolo, F.R.; Tabosa, J.N. Coeficiente de repetibilidade e parâmetros genéticos em capim-elefante. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.47, n.4, p.569-575, 2012.
- Chia, G.S.; Lopes, R.; Vieira Da Cunha, N.R.; Carvalho Da Rocha, R.N.; Chirinos, R.; Galarza, J.; Betalleluz, I.; Pedreschi, R.; Campos, D. Antioxidant compounds and antioxidant capacity of Peruvian camu-camu (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh) (H.B.K.) McVaugh) fruit at different maturity stages. **Food Chemistry**, v.120, n.4, p.1019-1024, 2010.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2. Ed. Viçosa, mg: UFV. 390 p. 1997
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J.; Carneiro, P. C. S. Modelos Biométricos Aplicados Ao Melhoramento Genético. 3. Ed. Viçosa: Ufv, 2004. v. 1.
- Cruz, C.D. 2006. Programa Genes: Biometria. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p.: estatística experimental e matrizes. 1. ed. Viçosa: UFV, 2006. v. 1.

- Da Silva, N.R.J.; Saraiva, L.; Oliveira, T.K.; Costa, J.G. Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em laranjeiras doces no Acre. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n.11, p. 4045-4060, 2012.
- Danner, M. A.; Raseira, M. C. B.; Sasso, S. A. Z.; Scariot, I. C. S. Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira. **Ciência Rural**, v.40, n.10, p. 2086-2091, 2010.
- Delgado, C. & G. Couturier. 2004. Manejo de insectos plagas en la Amazonía: su aplicación en camu-camu. IAP- Iquitos. IRD- Francia. Lima, Perú. 147 pp.
- Dovale, J.C.; Lima, P.S.; Silva, G. S.; Marigulele, K.H.; Fritsche-Neto, R. Repeatability and number of growing seasons for the selection of custard apple progênies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.11, p.59-63, 2011.
- Farias, N. T.; Resende, V.D.M. Aplicação da metodologia de modelos mistos (Reml/Blup) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes*). Rev. Bras. Frutic. vol.23 no.2 Jaboticabal Aug. 2001.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452001000200024>
- Farias, N.T. Yokomizo, Bianchetti, A. Coeficientes de repetibilidade genética de caracteres em Pupunheira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 731-733, 2002.
- Gomes, C. J. Estimativas de repetibilidade de alguns caracteres de produção em Mangueira. **Ciência Rural**, v.33, n.2, p.263-266, 2003.
- Guillen, L.I. (2007). Selección de plantas promisorias de camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) *McVaugh*] (H.B.K) McVaugh, en germoplasma de 5 cuencas de Loreto. (Tesis pre-grado no publicada). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 49 p.
https://www.researchgate.net/profile/Carlos_Arbizu_Berrocal/publication
- Mansour, H.; Nordheim, E. V.; Rutledge, J. J. **Estimations of Repetability. Theoretical And Applied Genetics, Berlin**, v. 60, p. 151-156, 1981.
- Matsuo, E. I Tuneo Sedyama; Cosme Damião Cruz; Rita De Cássia Teixeira Oliveira. Análise da repetibilidade em alguns descritores morfológicos para soja. **Ciência Rural**, v.42, n.2, p.189-196, 2012.
- Mendieta, A.O. (2009). Evaluación de Germoplasma de Camu-camu Arbustivo [*Myrciaria dubia* (Kunth) *McVaugh*] (H.B.K) Mc Vaugh de una Colección de 5 Cuencas en Loreto”. (Tesis pre-grado no publicada). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 76 p.
- Mendoza, R.O.; Picón, B.C.; Gonzáles, T.J.; Cárdenas, M.R.; Padilla, T.C.; Mediavilla, G.M. Lleras, E.; Delgado, F.F. 1989. Informe de la expedición de recolección de germoplasma de camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) *McVaugh*] en la Amazonia Peruana. Lima (Perú). Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial. 19 pp.
- Moraes, M.L.T; Mori, E. S; Silva, A. M.; Canuto, D. S. O.; Silva, J. M.; Gomes, J. E.; Aules, D. S. Demonstração da utilização do software selegen –“seleção genética computadorizada” para o Melhoramento de espécies perenes. Revista Científica Eletônica de Engenharia Florestal. Ano vii. Número 12. 2008 Issn: 1678-3867 www.revista.inf.br – www.editorafaef.com.br –
- Oliva, C.; Resende, M. Mejoramiento genético y taza de autofecundación del camu-camu arbustivo en la amazonía peruana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 450-454, 2008.

- Oliva Cruz Carlos; Chura, Chuquiya Julian. Selección Genética Computarizada, a partir del Banco de germoplasma [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] (H.B.K.) camu-camu arbustivo Mc Vaugh, de la EE-San Roque-INIA Loreto, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Molina- Escuela de Post Grado “Mejoramiento Genético de Plantas”. 2010. 7p.
- Padilha, M.S.O., Da Costa, L.G.; Fernandes, L. Repetibilidade De Caracteres Do Cacho De Açazeiro Nas Condições De Belém-Pa1. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 613-616, 2001.
- Paredes, D. E.; Pinedo, P. M. 2013. Informe Técnico. Evaluación de 61 Introducciones de Germoplasma de Camu-camu de la Colección Básica Curaray – Tahuayo, (CESM-IIAP) en Loreto. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú 17 pp.
- Pinedo M, Riva R, Rengifo E, Delgado C, Villacres J, Gonzales et al. Sistema de producción de camu-camu en restinga. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos. Perú. 2001. 141 p.
- Pinedo, F.S.; Iman, S.; Pinedo, P.M.; Vasquez, M.A.; Collazos, S.H. Clonal trial of five genotypes of “camu-camu” [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] in non-flooded area. **African Journal of Plant Science**, v. 5, n. 1, p. 40-46, 2011.
- Pinedo, P.M.; Linares, B.C.; Mendoza, H.; Anguiz, R. **Plan de Mejoramiento Genético de Camu-camu**. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-IIAP. Iquitos. Peru. 52 p. 2004.
- Peixoto L. I., Wilane De Figueiredo R., Elesbão Alves, R.; Souza De Aragão F.A. Farley Herbster Moura, C. Caracterização de frutos de genótipos de muricizeiros cultivados no litoral cearense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 499-504. 2013.
- Pinedo-Panduro M.; Paredes-Davila, Elvis, Abanto-Rodriguez, C. Bardales-Lozano, R.; Alves-Chagas, E. Selección temprana de plantas de [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] camu-camu, en un ensayo de progenies de polinización abierta. **Folia amazónica**, v. 23, n.1, p.39-48, 2014.
- Pinedo, M.; Delgado, C.; Farroñay, R.; Del Castillo, D.; Iman, S.; Villacres, J.; Fachin, L.; Oliva, C.; Abanto, C.; Bardales, R.; Vega, R. 2010. Camucamu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh], Myrtaceae); Aportes para su aprovechamiento sostenible en la Amazonía Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú. 135 pp.
- Pinedo, P.M.; Paredes, D.E. 2011. Evaluación preliminar de 108 progenies precoces de camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] (Myrtaceae) en Loreto, Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. **Folia Amazónica**, v.20, n.1-2, p.77-82, 2011.
- Pinedo, P.M.; Paredes, D.E.; Abanto, R.C.; Bardales, L.R. Alves. Ch.E. (2014). Selección temprana de plantas de [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] camu-camu, en un ensayo de progenies de polinización abierta. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Vol. 23 (1) 2014: 39-48.
- Pinedo, P.M.; Riva, R.R.; Rengifo, S.E.; Delgado, V.C.; Villacres, V. J.; Gonzáles, C.A.; Inga, S.H.; López, U.A.; Farroñay, P.R. Vega, V.R. Linares, B.S. (2001). Sistema de producción de camu-camu en restinga. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú 141 pp.
- Resende, M.D.V. (2007). SELEGEN-REML/BLUP. Sistema Estatístico e Selecao Genetica Computadorizada via Modelos Lineares Mistos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Embrapa Floresta. 359.
- Resende, M.D.V. (2002). Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.

Riva, R.R.; Gonzáles, R.I. 1997. Tecnología del cultivo de camu-camu (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* H.B.K. McVaugh en la Amazonía peruana. Lima. INIA. 45 pp.

Vasconcelos, C.J.; Vilela, R.M. Seleção precoce intensiva: uma nova estratégia para o programa de melhoramento genético do cajueiro. Revista Brasileira de Fruticultura, v.32, n.4, p.1279-1284, 2010.

Journal of Agricultural Science, v.9, n.6, p.175-187, 2017.

CAPITULO II- Selection of Superior Genotypes in 37 Clones of Camu-camu by Repetitivity Analysis

Abstract

In order to select camu-camu superior genotypes, a comparative of clones from natural populations, farmer plantations and an experimental field of the National Institute of Agrarian Innovation (INIA), was established in varzea, at the Peruvian Amazon Research Institute (IIAP). Nine harvests between 2006 and 2016 have been evaluated, including variables in vegetative and reproductive development states. Statistical analysis was performed using the SPSS program for analysis of variance and SELEGEN REML/BLUP for repetitivity analysis of “fruit yield” (FY) and “fruit weight” (FW) with 5 and 4 measurements (years) respectively. For FY, a repetitivity index $r = 0.117 \pm 0.07$ was obtained with a selective precision of 0.63 and efficiency of 1.84 where clones 69, 48, 58, 50, 61, 13, 18, 29, 49 and 32, were selected in descending order of merit. For FW, $r = 0.690 \pm 0.294$ was obtained with selective precision of 0.948, efficiency of 1.14 and selection of clones 44, 13, 26, 23, 69, 64, 22, 52, 27 and 8. As for the content in ascorbic acid, clones 48, 32 and 35 occupied the first places with more than 2000 mg of ascorbic acid/100 g. The selections achieved strengthened the pre-improvement work by conferring vigour y fiavility of a long-term research.

Keywords: amazonian fruit, ascorbic acid, genetic improvement, *[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]*

1. Introduction

The camu-camu (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* (H.B.K) Mc Vaugh-Myrtaceae), whose center of origin is undetermined, is in a natural state in Peru, Brazil, Guyana, Colombia and Venezuela (Yuyama, 2005). Its natural habitat is wet rainforest and can be completely submerged in water for up to five months. In Peru, it is located on the banks of black water rivers of Amazonian origin, such as Nanay, Tigre, Tapiche, Yarapa, Tahuayo, Pintuyacu, Itaya, Ampiyacu, Apayacu, Maniti and numerous tributaries of the Napo, Putumayo, Yavarí and Curaray (Mendoza et al., 1989). It adapts to soils with good drainage and water regimes with droughts of up to two months.

Its facultative allogeneic reproduction generates great variability as a result of high genetic segregation. Through genetic improvement and multiplication of higher genotypes, we seek to have greater control over the traits of interest (Pinedo et al., 2004). To this end, evaluations and selections of higher plants have been carried out in each year and in some multi-year periods. The result of these selections requires validation in a more complete analysis that allows adjusting such preliminary selections.

The evaluation of the germplasm under the rigor of a “genetic test” requires the application of propagation techniques, for example, by cuttings or layers, in which the evaluation will be more precise when eliminating the variance caused by the genetic factor and the interaction rootstock/scion. The profuse rooting observed in natural populations may have stimulated numerous studies in Peru and Brazil, developed in the last 40 years to propagate the camu-camu by cuttings. This is the case of Menezes (1988) who used indolebutyric acid (AIB) achieving 73% rooting; Pereira et al. (2002), which induced up to 80% rooting with ANA, while Galucio et al. (2002) obtained up to 90% rooting. In Peru, Oliva (2003) obtained 80% of rooting, Arévalo (2004) achieved up to 76% of rooting; Mathews (2006) also found the influence of AIB reaching averages up to 73% of rooting with sprouts; Bardales (2007) reached 80.4% of rooting and Mathews (2016) concluded that plants propagated by cuttings were the best because they had better base branching, which achieved significantly higher yields than seed-propagated plants.

Between 2004 and 2014, 37 camu-camu clones chosen for the present report were evaluated. According to Ramos (2010), after six years of sowing, a highly significant difference of “average fruit weight” occurred ($F = 2.82$, $p < 0.0001$). The first ten clones with the highest yield were: 17 (434.32 g.plant⁻¹), 7 (373.61), 15 (335.20), 31 (227.54), 49 (219.94), 36209, 76, 64 (195.94), 53 and 50 (156.5).

After seven years of planting the 37 clones Paredes (2011), found a very significant correlation between fruit yield and mean fruit weight ($r = 0.33$ ** $p = 0.000$), number of seeds ($R = 0.35$ ** $p = 0.000$), ascorbic acid ($R = 0.23$ ** $p = 0.005$) and total basal diameter ($r = 0.31$ ** $p = 0.000$). These correlations link three characters of the ideotype (Pinedo et al., 2004). According to Oliva & Chura (2010), the parameters “number of basal branches”, “petiole length” and “fruit weight” in addition to having a relatively high correlation with “fruit yield” also have an intermediate level of heritability, which catalogs them as important tools for the selection of superior plants of camu-camu.

Of these, the length of the petiole can be evaluated well in advance of fruiting and could allow the early precocious selection of high yielding plants. Second, the height of the plant could be particularly useful for selection by its early expression. Armas & Vela (2012) chose 11 clones with higher fruit yield and their ascorbic acid content, which were chosen among the 37 clones evaluated in the present thesis. Clone 48 showed a statistically significant superiority with an average of 1938 mg/100 g of edible pulp. The overall average was 1486 and the order of merit at the clonal level was: 48, 37, 35, 32, 50, 52, 18, 29, 69, 14, 61. With respect to the yield of the fruit in the 37 studied clones, Paredes (2013), found a wide range of 516 to 8052 gramos.pl-1 with a general average of 2718 g; while the average fruit weight varied from 6.47 to 14.26 g with an average of 9.24 g. In addition, it found a positive correlation between fruit yield and petiole length and ascorbic acid content; as well as between the average fruit weight with the number of seeds, % of pulp, % of seed, and % of peel were selected mainly for their high yields of fruits the clones: 52, 49, 36, 14, 8, 37, 64, 50, 31, 48 and 35.

The present study proposes the evaluation of 37 clones of several Loreto-Peru basins that allow the selection with repeated measures of superior genotypes according to fruit productivity, fruit weight and ascorbic acid content of the fruit.

2. Methods

In December 2004, 37 camu-camu clones from INIA experimental fields, farmers and natural stands were installed. The field research was carried out at the Experimental Center “San Miguel” - Research Institute of the Peruvian Amazon (CESM-IIAP), located on the left bank of the Amazon River, 10 km from Iquitos, between coordinates 3°40' and 3°45' south latitude and 73°10' and 73°11' west longitude. The study area is flooded each year and is known as “varzea” or “restinga”, with average relative humidity of 80%, average temperature of 26 °C and annual rainfall of 2911.7 mm/year.

From 87 pre-selected clones, 37 were selected for the experiment, taking into account: a. Number of plants available, it was considered that there should be at least 4 seedlings under suitable conditions. B. Vigor and uniformity, were included those with uniformity between the sister plants. C. Productivity, part of the clones collected were evaluated for several years

regarding productivity. D. Harvest season, with atypical harvest regime, factor that was also considered in the selection of the clones to be evaluated.

The vegetative and reproductive parameters evaluated were: “petiole length”, measured from the point of insertion of the petiole to the beginning of the leaf blade. Digital precision vernier was used and expressed in millimeters; “cup diameter/plant”, measurements were taken with centimetric rule, the value is expressed in cm; “plant height”, the measurement was made with centimetric rule of 5 m in length and the value is expressed in cm; “Basal diameter of stem”, measured in the neck of the plant, with the help of vernier and the value is expressed in millimeters; “number of basal branches/plant”, the branches were counted at the primary level at a maximum height of 50 cm above the ground and whose branches were at least 2 cm in diameter; “number of fruits/plant”, the fruits were counted in state of maximum growth (green, pinton and mature); “fruit weight”, weighed 20 fruits/plant, the value was expressed in grams average, with an accuracy of one decigram; “fruit yield” was calculated by multiplying the number of fruits per plant by the average fruit weight and expressed in grams/plant. Statistical programs balanced and unbalanced were applied for the selection. Although the design of the test is balanced, it was useful to apply the basic model of the SELEGEN Program (suitable for unbalanced designs), since it allowed to calculate the precision and efficiency of the selection according to the number of measurements.

The design of the trial is Randomized Complete Block with 37 treatments or clones with spacing of 3×2 m and four replicates (total of 148 plants). Statistical analysis was performed using the SPSS Version 20 (2011) and Selegen-REML/BLUP models 29 and 63 (Resende, 2002). Descriptive statistical calculations (averages, ranges, variance, coefficient of variation), analysis of variance, heritability, correlation and repetitivity were performed.

In the analysis of variance the linear additive model was used:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

Where,

Y_{ij} = Response variable corresponding to the j th observation unit, under the i th treatment;

μ = Effect of the general mean of the experiment;

t_i = Effect of the i -th treatment;

β_j = Effect of j -th block;

ϵ_{ij} = Effect of the experimental error corresponding to the j -th observation, under the i -th treatment.

For the analysis of repetitivity that allows the selection of superior genotypes, model 63 was applied: Basic model of repetitivity:

$$Y = Xm + Wp + e \quad (2)$$

Where,

Y = vector of the data or result obtained;

m = vector of the effects of the measurement (assumed as fixed) added to the general average;

p = vector of the permanent effects of the plants (genotypic effects + permanent environmental effects, assumed as random);

e = vector of errors or residues (assumed as random).

The genotypic values of each plant will be estimated by:

$$\hat{g} = MG + \beta_p(MP_i - MG) \text{ in which } \beta_p = \frac{m\hat{\rho}}{1 + (m-1)\hat{\rho}} \quad (3)$$

Coefficient of determination of the permanent phenotypic value or repetitivity of the mean of:

m = 4 measurements in the individual;

$\hat{\rho}$ = Estimate of individual repetitivity;

MG = general mean of plants in various measurements;

MP_i = general mean gives the plant i in the various measurements.

The genetic gain will be estimated as the average of genotypic values of the selected individuals whose components of variance (Individual REML) are:

Vfp: Permanent phenotypic variance, which is the variance of $u + a + d + ep$ = permanent phenotypic value;

Vet: Temporary environmental variance;

Vf: Individual phenotypic variance, which is the sum of additive variance + dominant variance + permanent effect variance + temporary effect variance;

A: Individual repetitivity, given by additive genetic variance + genetic variance of dominance + permanent environmental variance, all on the phenotypic variance;

Acm: Selective accuracy.

The sum of these components will be the general average.

According to Resende (2002), the classification of repetitivity is: High (greater than 0.60), Medium (between 0.30 to 0.60) and Low (less than 0.30). The same author classifies heritability in the restricted sense: low (between 0.01 to 0.015), medium or moderate between (0.15 to 0.50) and high (greater than 0.50).

The results of the selection of higher plants through this analysis of repetitivity will allow to have a definitive conclusion for the choice of plants according to each one of the prioritized descriptors. This selection will allow to go to the next step of multiplication or recombination as the case may be.

2. Results

Evaluations were made from 2005 to date and this report presents annual and multiannual results that involve vegetative variables on growth and development, as well as reproductive on flowering, fruiting, and ascorbic acid content. Regarding evaluations of harvests, it is important to mention that in 2013 a stand-thinning (elimination of excess plants) was carried out, leaving in the field only the most outstanding clones, which are currently still being evaluated. Therefore, according to the availability of data, the repetitivity analysis using the Selegen REML/BLUP statistical program, it was possible to apply only on five harvests (2006, 2007, 2008, 2009 and 2012). However, a generic evaluation was recorded for 9 years of harvest between 2006 and 2016 (Figure 1). Below are results organized in 5 sub-titles.

3.1 On Vegetative Variables

In 2006, we evaluated the clones in relation with vegetative descriptors: “total basal diameter”, “average basal diameter”, “number of basal branches”, “plant height” and “cup diameter”. According to this evaluation of five descriptors the clones were selected: 29, 53, 44, 50, 42102, 23, 35, 21, 36, 48, 14, 66, 12, 69 and 52, of which the 23, 35, 66 and 69 stood out for their flower production (Table 4).

After 27 months of planting the clones, moderate values of individual heritability were found: $h^2 = 0.160$ for basal diameter of the stem; $h^2 = 0.235$ for mean basal diameter; $h^2 = 0.216$ for number of basal branches; $h^2 = 0.122$ for plant height; $h^2 = 0.197$ for cup diameter; $h^2 = 0.169$ for number of twigs. It was deduced from four evaluations (2005, 2006, 2007 and 2008) that the best clones according to vegetative descriptors were: 14, 18, 29, 35, 44, 48, 50, 52, 61 and 69 and were considered priority.

In 2009, after five years of planting, the sixth evaluation of vegetative and reproductive parameters was carried out, which were consecutively evaluated at 5, 9, 23, 35, 46 and 58 months of planting. About them, a analysis of variance was applied, the summary of which is presented in Table 1.

Significant differences were found in the month 58 between clones regarding “cup diameter” ($F = 10.44$, $p = 0.00$) and “number of flowers” ($F = 3.46$, $p = 0.019$). No significant differences were found for “basal mean diameter” ($F = 1.773$, $p = 0.157$), “total basal diameter” ($F = 0.368$, $p = 0.76$), “plant height” ($F = 2.088$, $p = 0.106$), “number of basal branches” ($F = 0.163$, $p = 0.921$). Of the six vegetative descriptors that appear in Table 1, the

ones with the greatest dispersion among the evaluated clones are “total basal diameter” and “cup diameter” and that at 23 months of planting, as evidenced by the Table, it is opportune to find wide variability in the six descriptors considered. This allows a tool for the indirect selection of desirable plants.

Table 1. Analysis of variance of vegetative variables, flowers and fruits of 37 camu-camu clones.

Months since planting	Plant height	Total basal diameter	Average basal diameter	Cup diameter	Basal branches number	Twigs number	Flowers number	Green fruits number
5	NS	NS	NS	-	-	-	-	-
9	NS	*	NS	-	-	-	-	-
23	*	*	**	**	**	*	-	-
35	*	NS	*	-	NS	NS	NS	-
46	NS	**	NS	*	**	**	NS	NS
58	NS	NS	NS	**	NS	-	*	NS

Note. NS: no significant; *: significant (Duncan $p \leq 0.05$); **: highly significant (Duncan $p \leq 0.01$).

3.2 On Reproductive Variables

After 17 months of installation, 18.8% of plants had flowers and 1.7% came to fructify. Regarding fruit yields, in the years 2, 3 and 4 of the plantation, the yields were 5.68, 31.37 and 306.00 g \cdot pl⁻¹, respectively. While in years 5 and 6 the productivity grew significantly at 1818.04 and 2691.88 g \cdot pl⁻¹. It was observed that, at 2, 3, 4, 5 and 8 years of planting, 18.24%, 25.00%, 75.00%, 83.78% and 99.00% of the plants started fruiting, respectively. It was deduced from four evaluations (2005, 2006, 2007 and 2008) that the best according to their yield of fruits were the clones 18, 44, 50, 61, 69, 14, 29, 35, 48 and 52 (Table 4). Clone 18 in 2008 showed fructification in the 4 replicates and 80% of the high yield clones also stood out for the vegetative descriptors.

In 2009, after five years of planting, the sixth evaluation reproductive parameters were carried out, which were consecutively evaluated at 5, 9, 23, 35, 46 and 58 months of planting. Significant differences were found between clones regarding “number of flowers” ($F = 3.46$, $p = 0.019$). No significant differences were found for number of fruits (“ $F = 0.76$, $p = 0.55$). Significant correlations were evidenced for “basal mean diameter” versus “number of flowers” and “number of green fruits” with Pearson indices of 0.198 and 0.221, respectively. The order of merit with respect to the number of green fruits places in the first places the clones: 49, 21, 52, 32 and 53, 2/21/2004, 8, 16, 14 and 58.

In the sixth evaluation, registered a remarkable fruiting with 11,370 fruits/plant in the plant 49-III. It is possible to mention that of these five clones, only the 53 is recidivist with respect to the previous years. These results to the fifth year of planting referred to fruiting, substantially modify the order of merits elaborated in previous years based on vegetative parameters.

In a five-year evaluation (2007-2011) the clones were selected for their persistence of high yield for 3 years: 14, 35, 44, 48, 50, 52 and 69 (Table 4). It is important to mention that in 2009 a pruning of production was carried out on the whole plot which apparently originated an irregularity in the flowering and fruiting of the clones in the years 2010 and 2011, so that the yield in 2011 was minimal.

A long-term assessment was achieved by integrating all the information collected on fruit yield during the trial. Figure 1, shows the yield trend in the 2005-2016 period. From the year 2013 the existing plants were evaluated in the plot after the stand-thinning (excess plant removal). In this work the clones of low yield were eradicated, for which they were not selected. In the X axis, the value 6 is missing, which corresponds to the year 2010 in which there was no harvest.

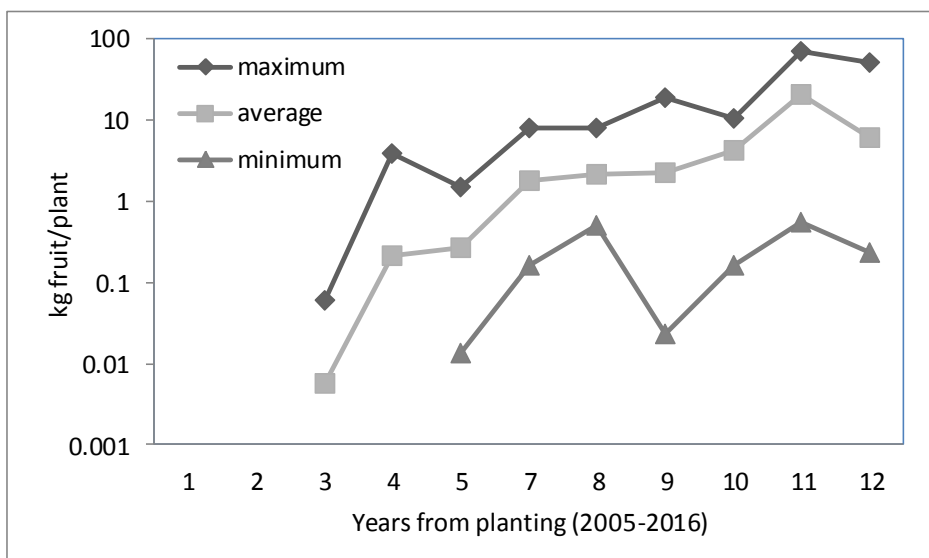


Figure 1. Yield of fruit in 37 clons of camu-camu

3.3 Repetitiveness Analysis for Yield of Five Harvests

The analysis of variance was performed for the variable fruit yield of the 37 clones corresponding to five harvests made in the years 2006, 2007, 2008, 2009 and 2012. No differences were found between the clones ($F = 1.307$ sig. = 0.111) or between replicates or blocks ($F = 1.03$ sig. = 0.379), while among the five measures or years of evaluation of yields a high difference was calculated ($F = 66.92$ sig. = 0.000). The means tests, corresponding to 2, 3, 4, 5 and 8 years after planting, (years 2006 to 2012), show that during the years 2,3 and 4 the yields are very similar and form part of a single relatively homogeneous group. But, from year 4 (fifth year of planting), yields begin to increase markedly. In comparative terms the average yields are very low, with an average of $2.7 \text{ Kg.planta}^{-1}\text{ant}$ in the eighth year.

In order to achieve greater analytical capacity given the breadth of data collected, it became necessary to apply a dynamic approach that included the values of several years in a comprehensive analysis. This study presents a multi-year repetition analysis of yield and average fruit weight, which concludes in an inclusive selection of the information achieved with the multiple annual evaluations.

The SELEGEN REML-BLUP mixed linear model 29 allowed us to analyze three factors: clones, repetitions or blocks and measurements or years, which consisted of 37 clones with four replicates and five years of harvest, having as response variable fruit yield measured in grams. The individual repetitiveness index reached a very low value of $r = 0.027 \pm 0.017$; these results demonstrate the low genetic control over the yield of fruit, even with five measurements.

The order of merit (highest to lowest yield) for the 10 most profitable clones is as follows: 26, 6, 24, 20, 15, 5, 25, 2, 17 and 1. It means that if we would only use clone 26 for installing a plantation would have a gain on the less yielding clone (the No. 8 that takes the last place) of 228.87 g with an average of 1199.49 g of fruit/plant, which means a gain of 23.58%. However it would be more sustainable to use the five best clones to obtain a profit of 18.08%.

Second, the repetitiveness analysis was performed for repetitions or blocks, neutralizing the factor years. The basic program SELEGEN-REML/BLUP model 63 was also used, which allowed (unlike the model 29 used in the previous analysis) to obtain the efficiency level of

the number of repetitions of the measurements (4 replicates in this case). The individual repetitiveness index in this case was $r = 0.117 \pm 0.07$ while the repetitiveness of the mean of m crops or repeated measures was $rm = 0.398$. The overall mean was 998.56 g/plant.

As for the efficiency of the use of m measures (four years), a determination index of 0,346 was calculated with a selective precision of 0.588 and an efficiency of 1,721. In order of merit, the first ten clones were: 26, 6, 24, 17, 20, 5, 25, 15, 2 and 1. If clone 26 was used for this model, the gain would be 448.47 g of fruit, which means a 44.91% increase in yield. If we use the five best clones, in order to increase the relative diversity of the matrices and to have a higher threshold of sustainability against the bioclimatic risks the gain in this case would be 368.43, that is to say 36.89% of the benefit thanks to the genetics factor. Note that in this case the first five clones are not the same as in the previous calculation with model 29.

In the next analysis (Table 2), the yields evaluated over five years were prioritized and the effect of the replicates in the field was neutralized by averaging the values of the same. As in the previous case, the basic model 63 of the SELEGEN-REML-BLUP mixed linear program was applied. In the calculation of mean components (Tables 2 and 3), a merit order of the clones according to the yield of fruit is obtained and with five years of evaluation it is the following: 26, 6, 24, 17, 20, 5, 25, 15, 2 and 1. The average yield is 998.5630 which appears in the last place of merit for clone 7. The gain by applying the most yielding clone (26) is 448.46 g with an increased average that would reach To 1447.03 g which means (as in the previous analysis) a percentage gain of 44.91%.

Table 2. Repetitiveness analysis for five-year yield of 37 camu-camu clones

SELEGEN-REML/BLUP Models REML-BLUP Model 63

Analyzed variable: Yield fruit with significant zeros. Standard Deviation = 2654.71

Table 2-1. Components of variance (REML Individual)

$V_{fp} = 101697.778$ (permanent phenotypic variance between plants)

$V_{et} = 768099.194$ (temporary environment variance, not additive)

$V_f = 869796.971$ (individual phenotypic variance)

$r = 0.117 \pm 0.07$ (individual repetitiveness)

$rm = 0.398$ (repetitiveness of the mean of m harvests or repeated measures)

$A_{cm} = 0.631$ (precision of selection based on the average of m harvests)

Overall average = 998,563

Table 2-2. Efficiency of the use of m measures (5 years) for yield of fruits Selection of clones by Selegen REML-BLUP Model 63

m	Determination	Accuracy	Efficiency
1	0.117	0.342	1.000
2	0.209	0.458	1.338
3	0.284	0.533	1.559
4	0.346	0.588	1.721
5	0.398	0.631	1.846
6	0.443	0.665	1.946
7	0.481	0.693	2.028
8	0.514	0.717	2.097
9	0.544	0.737	2.156
10	0.569	0.755	2.207

Table 2-3. Components of media (BLUP Individual): Selection according to yield of fruit

Order	Individual	Fp (phenotypic value)	u+fp (genotypic value)	Genetic gain (g)	Genetic gain (%)	New media (g)
1	69	448.47	1.447.033	448.469	44.911	1.447.033
2	48	398.62	1.397.182	423.544	42.415	1.422.107
3	58	381.81	1.380.372	409.633	41.025	1.408.196
4	50	340.56	1.339.127	392.365	39.292	1.390.928
5	61	272.70	1.271.268	368.433	36.896	1.366.996
6	13	201.65	1.200.215	340.636	34.113	1.339.199
7	18	192.66	1.191.227	319.497	31.995	1.318.060
8	29	157.72	1.156.286	299.276	29.970	1.297.839

9	49	123.16	1.121.727	279.708	27.968	1.278.271
10	32	87.43	1.085.999	260.480	26.085	1.259.044
33	14	-298.83	699.736	000.000	00.000	998.563

Despite the low determination rate (Table 2-2), the selection appears to be robust and reliable at the clone level with respect to fruit yield. In fact, the clones selected by the repetition test are the same ones that were highlighted in previous years (see Table 4), and make quality genetic material available for multiplication.

3.4 Repetitivity Analysis of Fruit Weight in Four Harvests

The individual weight of the fruit is considered a major productivity component mainly for the local market where there is preference for larger fruits, with ≥ 10 g. This weight is considered at least in the ideotype established in the genetic improvement plan of camu-camu (Pinedo et al., 2004). For 128 plants belonging to 32 clones (included in the 37 of the present study) the average fruit weight was observed, a minimum of 4.63 g, maximum of 14.66 g and average of 8.96 g. It is considered that these values reflect genetic gain with respect to the values found in natural populations.

The analysis of variance for mean fruit weight revealed a highly significant difference between the 32 clones evaluated ($F = 9.363$, $p = 0.000$) equally also for repetitions or blocks ($F = 5.823$, $p = 0.001$). This test indicates the great genetic and environmental influence on the “fruit weight” character with a certain predominance of the genetic factor. The six clones selected without repetitivity analysis, having a fruit weight greater than 10 g, were the following: 37 with 12.37 g from Ucayali-Requena-Plantation AMazuca, 64 with 10.76 from Putumayo-Cedro-Rodal, 50 with 10.21 from Putumayo -Molano-Rodal, 8 with 10.20 of Ucayali-Sahua-Rodal, 22 with 10.13 of Curaray-Chavarria-Rodal and 26 with 10.07 of Napo-Plantation OJipa. As we shall see later, this order of merit differs markedly from classification by the analysis of repetitivity.

The number of clones (32) and harvests (4) to be included in this repetitivity analysis was determined after a debugging of the available data. This analysis was applied with the SELEGEN-REML/BLUP Program, 2002. Mixed linear model, basic model 63.

Regarding the components of variance, it was found that the repetitivity index for fruit weight was $r = 0.690 \pm 0.294$ (Table 3-1), which is reflected in a determination, precision and high efficiency (Table 3).

Table 3. Repetitivity análisis for fruit weight of 32 camu-camu clones.

SELEGEN-REML/BLUP Model 63

Analyzed variable: Weight of fruit without significant zeros Standard Deviation = 64.19

Table 3-1. Components of variance (REML Individual)

Vfp = 1.231 (permanent phenotypic variance between plants)

Vet = 0.552 (temporary environment variance not additive)

Vf = 1.784 (individual phenotypic variance)

r = 0.690±0.294 (individual repetitivity)

rm = 0.899 (repetitivity of the mean of m harvests or repeated measures)

Acm = 0.948 (precision of selection based on the average of m harvests)

Overall average = 8.516

Table 3-2. Efficiency of the use of 4 harvests for average fruit weight Selection of clones by

m	Determination	Accuracy	Efficiency
1	0.690	0.831	1.000
2	0.817	0.904	1.088
3	0.869	0.933	1.122
4	0.899	0.948	1.141
5	0.918	0.958	1.153
6	0.930	0.964	1.161
7	0.939	0.969	1.168
8	0.947	0.973	1.171
9	0.953	0.976	1.175
10	0.957	0.978	1.177

Cuadro 3-3. Components of media (BLUP Individual) Selection according to weight of fruit by basic model 63 Selegen-REML-BLUP

Order	Individual	fp (fenotipic value)	u + fp (genotipic value)	Genetic gain (g)	Genetic gain (%)	New media (g)
1	44	1.525	10.041	1.525	17.907	10.041
2	13	1.066	9.583	1.296	15.218	9.812
3	26	0.738	9.255	1.110	13.034	9.626
4	23	0.711	9.228	1.010	11.860	9.527
5	69	0.426	8.942	0.893	10.486	9.410
6	64	0.415	8.931	0.814	9.558	9.330
7	22	0.365	8.882	0.749	8.795	9.266
8	52	0.343	8.860	0.699	8.208	9.215
9	27	0.167	8.684	0.639	7.503	9.156
10	8	0.109	8.625	0.587	6.893	9.103
16	14	-3.060	5.455	0.000	0.000	8.516

3.5 Integral Results for Selection

Table 4. Selections comparison of camu-camu's clones by test of medias and repetitivity analyze for yield and fruit weight.

Order Merit	of	Merit according to the weight of fruit				Repetitivity (REML- BLUP) for yield of fruit	
		Repetitivity REML- BLUP		Media Duncan		Yield	New media
		Clon	New media	Clon	Media		
1		44	10.04	37	12.37	69	1447.03
2		13	9.81	64	10.76	48	1422.11
3		26	9.62	50	10.21	58	1408.18
4		23	9.52	8	10.20	50	1390.93
5		69	9.41	3	10.13	61	1366.99
6		64	9.33	26	10.07	13	1339.19
7		22	9.26	27	9.83	18	1318.06
8		52	9.21	15	9.73	29	1297.84
9		27	9.16	48	9.70	49	1278.27
10		8	9.10	52	9.59	32	1259.04
11		02/21/08	9.03	12	9.33	16	1241.37
12		37	8.96	31	9.30	53	1223.12
13		14/21/07	8.89	35	8.99	44	1207.01
14		15	8.80	53	8.97	8	1191.71
15		32	8.72	17	8.92	23	1175.58

Table 5 summarizes the merit order of the top 15 selected clones by average fruit weight and yield. In column 1 are the selected clones because fruit of greater weight according to the analysis of repetitiveness applied. Clone 44 occupies the first place with a capacity to achieve in the clonal population 10.04 g. In column 3 is the group of clones selected according to the fruit weight averages, where clone 37 occupies the first place with 12.37 g. However, in the group selected by repetitive analysis, it occupies the number 12 site. This large difference results from the correlation found by analysis of repetitivity in a series of five years, whereas in the test of medias, the values not consider the degree of correlation between years. Regarding the provenance of the selected clones, stands predominate the natural populations (without management or domestication), since for both yield and fruit weight 60% of the selected plants come from natural lakes, mainly of the rivers Putumayo and Curaray. Note that two clones, 69 and 13 are in the two groups (yield and fruit weight).

Table 5. Selections of the better ten clones of camu-camu on period 2005-2013.

Descriptor	Vegetatives			Wheight of fruit				Yield of fruit							Ascorbic Acid	
	Duncan	Manual	Manual	Duncan	Manual	SELEGEN	Kruskal	Manual	Manual	Duncan	Manual	Manual	SELEGEN	Tukey	SPSS	Kruskal
Author	Pinedo	Pinedo	Pinedo	Ramos	Paredes	Pinedo	Paredes	Pinedo	Pinedo	Ramos	Paredes	Paredes	Pinedo	Paredes	Armas	Paredes
Year	2005	2006	2005-2008	2010	2011	2005-2012	2013	2005-2008	2009	2010	2007-2009	2006-2010	2005-2012	2013	2012 (*)	2013 (*)
Merit																
1	53	29	14	64	37	44	64	18	49	17	14	52	69	52	48	48
2	8	53	18	15	64	13	37	44	21	7	35	49	48	36	37	37
3	44	44	29	36	50	26	8	50	52	15	44	36	58	14	35	35
4	50	50	35	53	8	23	50	61	32	31	48	14	50	49	32	64
5	48	42102	44	66	3	69	15	69	53	49	50	8	61	8	50	52
6	29	23	48	52	26	64	31	14	22104	36	52	37	13	29	52	50
7	18	35	50	61	27	22	52	29	8	64	69	64	18	37	18	32
8	55	21	52	18	15	52	58	35	16	53	18	50	29	66	29	53
9	16	36	61	49	48	27	27	48	14	50	29	31	49	50	69	23
10	69	48	69	8	52	8	13	52	58	22104	53	48	32	61	14	18

(*) The two selections correspond to the same database analyzed in 2012, the difference is only of the type of means tests.

Table 5 shows 16 selections made according to vegetative morphological markers, fruit weight, fruit yield and ascorbic acid. As for vegetative variables, the “average basal diameter” evaluated at 9 months after planting, was the selection criteria in 2005. It was found that 90% of the clones that were selected according to this marker, all except clone 55 are also reported as superior according to the repetitivity analyzes for fruit yield in subsequent years. The heritability index for mean basal diameter in the broad sense (h^2_g) was 0.236 ± 0.113 considered medium to moderate by Resende (2002). This value was higher than the other vegetative markers evaluated: total basal diameter, number of basal branches, plant height and crown diameter. For the selection by vegetative descriptors carried out in the year 2006 the four pre-cited descriptors were taken into account. As a result we obtained a 50% different selection from that of 2005 but 80% of the selected clones are among the lists of high yield fruit clones. In 2008 (4 years from the plantation) a comprehensive evaluation was made of the previous 4 years including 2008, selecting the best plants.

This selection was based on vegetative variables: total basal diameter, mean basal diameter, number of basal branches, plant height, crown diameter, and number of tips (terminal twigs). 100% of the selected clones are also high yield of fruits. Four selections of clones with large fruit are shown in Table 4, where some of them stand out because they have been selected in the four opportunities. Seven selections for fruit yields performed using repetition analysis, parametric (Tukey and Duncan) and non-parametric (Kruskal and Walis) tests as well as direct quantitative comparison (indicated in Table 5 as manual). The analysis with SELEGEN corresponding to five harvests made in the period between 2005-2012 is the most integral for the purposes of a selection of greater robustness. At the right end of Table No. 4 are two selections according to the content of ascorbic acid; It should be reiterated that both selections come from a single group of analysis and the difference is the statistical program applied, SPSS and Kruskal and Walis. It is observed a coincidence of the clones 48, 37 and 35 that occupy the first places.

4. Discussion

Among the vegetative variables evaluated, the “basal diameter of the stem” was highlighted due to its higher level of heritability and correlation with fruit yield. When comparing basal diameter selections made at 9 months of planting versus selection for fruit yield between 2005 and 2013 (Table 4), a 90% correspondence was found. Such relationship evidences the predictive capacity of the variable “basal diameter of the stem” to indirectly select genotypes with high yield. Bardales et al. (2016), demonstrated the utility of vegetative descriptors even in very early stage as seedling height, germination percentage and speed such as best indicators of genetic diversity in natural populations of camu-camu in the state of Roraima, Brazil. Also, Almeida et al. (2016) used the vegetative variables “basal trunk diameter” (mm), “plant height” (cm), “number of basal shoots” and “number of terminal shoots” para seleccionar UAT 1896-7, UAT 1596-7 and UAT 1096-5 subsamples with the largest number of terminal shoots and height. Subsample UAT 0796-8 showed a good amount of terminal shoots, but inferior initial height, with interesting dwarf characteristics.

It was observed that the fruiting in the present study, started with relative delay and with very low yields (25% of the plants in production at 3 years with 52.28 kg/ha). This relative delay in starting the harvest differs from that found by Pinedo et al. (2001), which shows that at 3 years this parameter reaches 51.9%. Likewise, Mathews (2016) in highland and with fertilization reached 80% of fruiting at 30 months with yield of 204 kg/ha.

Although at the population level the delay in the camu-camu harvest was observed at the individual level, very early production was recorded. Thus, Almeida et al. (2016) reports that two individuals (UAT 1896-7 and UAT 1796-7) presented the onset of fruit production at 18 months, which is similar to what was found in this study in that after 17 months of Installation 18.8% of the plants had flowers and 1.7% began to fructify.

Aguirre et al. (2011), evaluated the fruit yield of 4 camu-camu clones in Pucallpa, finding a maximum of 8.44 t of fruit/ha in 2010 (7 years of age). In the present study yields reached 2.25 t of fruit/ha at 8 years. However, these yields are similar to those found by INIA in the best genotypes: MD-13, MD-14, MD-15, MD-17, MD-20 at 15 years of planting. These results were shown by Pinedo et al. (2010) who found a general average of 130.6 fruits.plant⁻¹, explaining that in the 5 promising genotypes of camu-camu there are productions greater than 2000 kg.ha⁻¹ of fruit.

As for the repetitiveness analysis, it was observed that the determination index r for fruit yield in the first year is quite low, which increases significantly, allowing a genetic control of intermediate level to the fifth year of harvest (Table 1). However, Oliva and Resende (2006), when evaluating 315 camu-camu plants, found greater genetic control with a repetitivity $r = 0.77$ for the average of five harvests favoring a selective accuracy of 0.88. Oliva and Chura (2010), evaluated 77 introductions of camu-camu and found values similar to those of the present study with repetitivity index for 4 harvests of $r = 0.49$.

It is frequent to find, high influence of the environmental variance on characteristics of fruit production, mainly of quantitative inheritance. In this sense, Degenhardt et al. (2002), with three years of evaluation, determined that a minimum of six harvests would be necessary for the selection of high yielding guava-serrana (*Acca sellowiana*) genotypes with 80% accuracy.

On fruit yield the levels of repetitivity were relatively low in the present assay with camu-camu clones. Asexual propagation, it was assumed that genetic control could be of a higher level with respect to sexually propagated material. This was verified in the case of copoazu (*Theobroma grandiflorum*) by Alves and Resende (2008) who verified a much higher genetic gain through clonal propagation compared to sexual propagation. It should be noted that the agronomic management was minimal in the plot under study and that it is a floodable area.

We observed that the average fruit weight (8.51 g) obtained in the present test is considerably high, attributable to the bias toward large fruit when the cuttings were collected. Oliva (2002) found an average of 8.17 g in plantations and natural stands of Loreto. While in the basic collection from five basins of Loreto-Peru, Guillen and Pinedo (2007), they found an average

of 7.13 g with a range of 4.69-10.62 g; The most basic condition of selection of this material explains the values of average and lower range.

The individual repetitivity coefficient ($r = 0.6903$) expressed for fruit weight in Table 2-3 shows, unlike fruit yield, an important genetic control for this character with only one evaluation crop. In the fourth harvest, applied in the analysis said index increased to $r = 0.8991$, with an accuracy of 0.9482 and efficiency of 1.1412. This efficiency would be achieved through the use of clone 44 that occupies the first place, an average weight of 10.04 g reaching what was proposed in the ideotype of the genetic improvement plan of camu-camu (Pinedo et al., 2004)

In the simple (non-repetitivity) analysis of fruit weight of the 32 clones, clone 37 took the first place with an average of 12.37 g from a Ucayali-Requena river plantation owned by Mr. Alfredo Mazuca. At the time of harvest, it is classified as a plant bearing small fruits. Apparently in the rametes resulting from propagation by stakes has been given greater genetic expression probably favored by the environment (climatic and edaphic factors); Which allowed to reach the highest average forming a significantly higher monoclonal group. However in the repetitivity analysis clone 37 was relegated to the 12th place in the order of merit by not showing a consistent correlation between the four measurements and was exceeded by 11 clones.

High genetic control of productivity variables were also found in other tropical fruits such as mango (*Mangifera indica* L.), on which Gomes (2003), applied the principal components method. We estimated several coefficients of repetitivity with values of 0.51, 0.53 and 0.81 for “total number of fruits per plant”, “yield of fruits per plant” and “average weight of fruits”, respectively. These estimates were associated with coefficients of determination (r^2) of 80.44%, 81.60% and 94.41%. The reference to “average fruit weight” showed high regularity in the superiority of individuals from one cycle to another, with only three crops being necessary to predict values with a certainty level above 90%. Alves and Resende (2008) in Para-Brazil, for four harvests of Copoazu (*Theobroma grandiflorum*) found for individual fruit number repetitions (r) of 35%. The individual heritability of the number of fruits in 4 harvests, increased to 48%, favoring a selective precision of 70%. Similarly, Nascimento et al. (2014) found that “fruit weight” and “bark weight” accounted for 54.09% of the variation among progenies, verifying that the causes are more genetic than environmental. The “fruit weight” also stands out for its high heritability (0.96), desirable for an improvement program.

5. Conclusions

Using multiyear repetitivity analysis (SELEGEN REML-BLUP) from five harvests of 37 clones of camu-camu, they were selected for fruit yield in the first ten places the clones 69, 48, 58, 50, 61, 13, 18, 29, 49 and 32. According to the average fruit weight, clones 44, 13, 26, 23, 69, 64, 22, 52, 27 and 8 were selected. While clones 48, 32 and 35, they ranked first according to the acid ascorbic content. According to the repetitivity indices, the average fruit weight presents a notoriously greater genetic control than fruit yield. The method applied for the multi-year selection allows to complement the previous selections made with other methods and to conclude in a list of plants with greater reliability and support.

Acknowledgements

We express our gratitude to CAPES and CNP for the scholarship granted to the first author of the research and CNPq for the productivity grant to researcher Edvan Chagas. Also to the IIAP and Dennis Del Castillo for supporting, the development of research on camu-camu and the author's doctoral training.

References

- Aguirre, O., Abanto, C., Oliva, C., Zumaeta, D., & Chia, S. (2011). Evaluación agronómica de cuatro clones de camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] (H.B.K) Mc Vaugh] en un suelo aluvial inundable de la región Ucayali. *Investigación y Amazonía*, 1(2), 70-77.

- Almeida, L. F. P., Yuyama, K., Chagas, E. A., Lozano, R. M. B., Albuquerque, T. C. S., Abanto, C. R., & Queiroz, F. B. (2014). Early Evaluation of Camu-camu Subsamples in Transition Savanna/Forest Area. *Journal of Agricultural Science*, 6(11), 178-186. <https://doi.org/10.5539/jas.v6n11p178>
- Alves, M., & Resende, V. (2008). Avaliação genética de indivíduos e progênes de cupuacuzeiro no estado do Para e estimativas de parâmetros genéticos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(3), 696-701. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000300023>
- Arévalo, L. (2004). *Efecto del sistema de riego, posición y diámetro de la estaca, en el enraizamiento del camu-camu ([Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh] H.B.K. McVaugh)* (p. 125, Tesis pre-grado no publicada). Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Retrieved from <http://repositorio.unap/Iquitos.edu.pe/handle/UNAP/1880>
- Armas, M., & Vela, T. (2012). *Concentración de ácido ascórbico en frutos de [Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh] (H.B.K.) McVaugh del banco de germoplasma del Centro Experimental San Miguel* (p. 30, Tesis Pre-Grado no publicada). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Tesis Químico Farmacéutico.
- Bardales, R., Pérez, M., & Pinedo, M. (2007). *Tres concentraciones de ácido indolbutírico en tres diámetros de estaca y su efecto en la tasa de propagación vegetativa del camu-camu [Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh] (H.B.K.) Mc Vaugh.* (Tesis pre-grado no publicada). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Retrieved from <http://www.IIAP.org.pe/Upload/Avance/bosque6.pdf>
- Bardales-Lozano, R. M., Alves, Ch. E., Smiderle, O., Abanto-Rodriguez, C., Cardoso, Ch. P., Barbosa, M. A., ... Centeno, C. A. C. (2016). Genetic divergence among camu-camu plant populations based on the initial characteristics of the plants. *Journal of Agricultural Science*, 8(11), 51-58. <https://doi.org/10.5539/jas.v8n11p51>
- Degenhardt, J., Ducroquet, J., Sedrez, R., Guerra, P., & Nodari, O. (2002). Efeito de anos e determinação do coeficiente de repetitividade de características de frutos de goiabeira-serrana (1). *Pesquisa Agropecuaria*, 37(9), 1285-1293. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000900012>
- Galucio, B., & Yuyama, K. (2002). *Produção de Mudas de camu-camu ([Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]. H. B. K. Mc Vaugh), por estaquia utilizando ramos provenientes de diferentes tipos de posições de planta.* Monografia Presentada: Universidad do Amazonas (UA).
- Gomes, J. (2003). Estimativas de repetitividade de alguns caracteres de produção em Mangueira. *Ciência Rural*, 33(2), 263-266. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000200013>
- Guillen, I. (2007). *Evaluación y mantenimiento de germoplasma de camu-camu colectado en poblaciones naturales* (p. 50, Tesis pre-grado no publicada). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.
- Mathews, J. (2006). *Efectos del ácido indolbutirico y el tamaño de estaca, en el enraizamiento y brotación del camu-camu ([Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh] Mc Vaugh)* (Tesis pre-grado no publicada). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Facultad de Agronomía, Iquitos, Perú.
- Mathews, J., Yuyama, K., & Revilla, 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), 1-7. <https://doi.org/10.1051/fruits/2015045>
- Mendoza, O., Picón, C., Gonzales, J., Cárdenas, R., Padilla, C., & Mediavilla, M. (1989). *Informe de la expedición de recolección de germoplasma de Camu-camu ([Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]) en la Amazonia Peruana* (p. 19). Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial, Lima, Perú.

- Menezes, D. (1988). *Efeitos de diferentes reguladores de crescimento sobre o enraizamento de estacas de camu-camu ([Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh] (H.B.K.) Mc Vaugh) (p. 2). FCA/UA. Brasil.*
- Nascimento, W. M. O. do, Gurgel, F., Bhering, L. L., & Ribeiro, O. D. (2014). Pre-breeding of camucamuzeiro: A study of genetic parameters and dissimilarity. *Rev. Ceres.*, 61(4), 538-543. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201461040013>
- Oliva, C. (2002). *Evaluación de la productividad del camu-camu ([Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh] H.B.K. McVaugh) en Loreto (p. 102, Tesis pre-grado no publicada). Universidad nacional de la Amazonia Peruana, Facultad de agronomía.*
- Oliva, C. (2003). *Efecto de hormonas enraizantes y la temperatura en el enraizamiento de estacas de camu-camu arbustivo ([Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh] H.B.K.McVaugh) en Ucayali-Perú. Informe tecnico-IIAP-Ucayali.*
- Oliva, C., & Chura, J. (2010). *Selección genética computarizada, a partir del banco de germoplasma [Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh] (H.B.K.) camu-camu arbustivo McVaugh, de la EE-San Roque-INIA Loreto, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Molina. Escuela de Post Grado "Mejoramiento Genético de Plantas".*
- Oliva, C., & Resende, V. (2008). Mejoramiento genético y tasa de autofecundación del camu-camu arbustivo en la amazonía peruana. *Rev. Bras. Frutic.*, 30(2), 450-454. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000200031>
- Paredes, E. (2013). *Comparativo de 37 clones de camu-camu arbustivo ([Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]-Myrtaceae)-séptimo año de la plantación (p. 9). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Retrieved from <http://repositorio.unapIquitos.edu.pe/handle/UNAP/18173>*
- Pereira, B., & Yuyama, K. (2002). *Producto de mudas de camu-camu ([Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]-H.B.K.Mc Vaugh) por estaquía utilizando ramos provenientes de diferentes tipos e posicoes da planta (p. 6). INPA.*
- Pinedo, M. (2006). *Comparativo de clones de camu-camu ([Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]-Myrtaceae) en San Miguel (p. 32). Informe de avance al segundo año del establecimiento, Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.*
- Pinedo, M. (2009) *Evaluación de germoplasma y pruebas genéticas de material promisorio al 7mo año del establecimiento (p. 113). Informe Técnico, Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.*
- Pinedo, M. (2013). *Correlation and heritability analysis in breeding of camu-camu [[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh] (Kunth) McVaugh]. Peruvian Amazon Research Institute, Iquitos, Peru (IIAP). African Journal of Plant Science, 7(2), 61-66. <https://doi.org/10.5897/AJPS12.023>*
- Pinedo, M., & Paredes, E. (2011). *Evaluación preliminar de 108 progenies precoces de camu-camu [Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh] (Myrtaceae) en Loreto, Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Folia Amazónica, 20(1-2), 77-82.*
- Pinedo, M., & Ramos, J. (2008). *Comparativo de clones de camu-camu en San Miguel; Cuarto año de evaluación (p. 15). Informe Técnico. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Programa de Ecosistemas Terrestres, Loreto, Perú.*
- Pinedo, M., Linares, C., Mendoza, H., & Anguiz, R. (2004). *Plan de Mejoramiento Genético de camu-camu (p. 52). Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Programa de Ecosistemas Terrestres, Loreto, Perú. Retrieved from <http://www.IIAP.org.pe>*
- Pinedo, M., Riva, R., Rengifo, E., Delgado, C., Villacres, J., & Gonzales, J. (2001). *Sistema de producción de camu-camu en resting (p. 141, 634.6 S623). Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú.*
- Pinedo, P., Delgado, C., Farroñay, M., Del Castillo, D., Villacrez, J., & Faching, L. (2010). *Camu-camu ([Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]-Myrtaceae); aportes para su aprovechamiento sostenible en la Amazonia Peruana (p. 135). Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, PROBOSQUES.*

- Ramos, J. (2010). *Comparativo de 37 clones de camu-camu arbustivo [Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh] (H.B.K) Mc Vaugh en Loreto* (p. 143, Tesis Pre-Grado no publicada). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Retrieved from <http://repositorio.unapIquitos.edu.pe/handle/UNAP/1816>
- Resende, M. (2002). *Genetica biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes* (p. 975). Brasília: Embrapa Informacao Tecnologica.

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Folia Amazónica, v.23, p.39-48, 2014.

CAPITULO III. Selección temprana de plantas de (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] H.B.K Mc Vaugh) del camu-camu en un ensayo de progenies de polinización abierta

Resumen

El Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-IIAP, en alianza con el Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA, vienen desarrollando un plan de mejoramiento y producción de semilla mejorada del camu-camu. Se están evaluando varias colecciones básicas y pruebas genéticas, con el fin de seleccionar las plantas superiores de acuerdo a los caracteres prioritarios como: precocidad, peso de fruto y contenido de ácido ascórbico. El año 2007 fue instalado 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 año 2013, se realizaron pruebas de heredabilidad en el sentido estricto, haciendo uso del software genético de selección de plantas 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. La selección que se presenta es el resultado de un análisis dinámico en tres cosechas. Según el peso de fruto mediante el análisis de repetibilidad (precisión de 0,46 y eficiencia de 1.6) 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, con una precisión selectiva de 0,39 y eficiencia de 1.63, se seleccionan: 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* (gorgojo del fruto) 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. En resumen quedan seleccionadas 28 plantas pertenecientes a 25 progenies, entre las cuales destacan 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: Selección. Mejoramiento genético. Precocidad. IIAP

EARLY SELECTION OF CAMU-CAMU (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] 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 intalled 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 (repeatability of 0.21, accuracy of 0.46 and efficiency of 1.60). For fruit yield are selected (repeatability of 0.15, accuracy of 0.39 and efficiency of 1.64) : 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: Selection, Genetic improvement, Precocity.

Introducción

Cuando se trata de una plantación de camu-camu usando material no seleccionado, se ha observado que la cosecha puede iniciarse entre 2 a 5 años. De modo que una plantación con ese tipo de semilla (no seleccionado) requiere de 5 años para contar con la totalidad de las plantas en producción. Entre los objetivos del mejoramiento genético del camu-camu se considera el de obtener genotipos precoces que permitan obtener cosechas en términos de 2 a 4 años después de la plantación. Si bien el tema es algo controversial, para el pequeño productor es de suma importancia el rasgo precocidad ya que significa el inicio temprano de la cosecha, con una anticipación de 2 a 3 años.

Con esta consideración, se inició en el año 2005 la evaluación y selección de plantas precoces en las parcelas comerciales del Centro Experimental San Miguel (CESM) y en las colecciones *ex situ*. Luego de la etapa de vivero desarrollada en el año 2006, se instaló en campo definitivo la colección de 108 progenies aparentemente precoces, todas ellas procedentes de los campos del CESM.

[*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] (camu-camu arbustivo), se encuentra en las cuencas de los ríos Nanay, Napo, Ucayali, Marañón, Tigre, Tapiche, Yarapa, Tahuayo, Pintuyacu, Itaya, Ampiyacu, Maniti, Oroza, Putumayo, Yavari y Curaray (Loreto). Mientras que hacia la zona sur de la amazonia peruana, incluyendo gran parte del departamento de Ucayali, se concentran poblaciones de *Myrciaria floribunda* (camu-camu arbóreo) (PINEDO et al. 2001).

En Pucallpa, se trabajó con material procedente de los ríos Nanay, y lagos de Morona y Supay, zona nor-oriental del País (Departamento de Loreto). El material fue evaluado en suelos inundables durante 8 años, con 5 cosechas (1991 a 1995); lo que permitió discriminar plantas precoces, llamadas así a las que iniciaron fructificación a los 3 años del trasplante a campo definitivo (RIVA, 1997).

El INIA-Iquitos, entre 1986 a 1988 colectó 39 poblaciones, procedentes de los ríos Ucayali, Amazonas, Marañón y Napo, cuya evaluación permitió seleccionar 10 plantas sobresalientes por rendimiento de fruta, en suelo inundable de agua oscura (isla de Muyuy) y 10 en suelos de tierra firme con rendimientos entre 6 y 25 tn/ha a los 11 años de la plantación (MENDOZA et al., 1989)

A partir del año 2002 hasta la fecha el IIAP está evaluando material genético procedente principalmente de las cuencas del río Napo, Putumayo, Tigre, Tahuayo, Itaya,

Curaray y recientemente de los ríos Yavari, Mazan y Tambor. Se tienen identificados materiales superiores por rendimiento de fruta, precocidad y tamaño de fruto (PINEDO, P.M. 2010).

Para el comparativo de 108 progenies precoces, se aplicó el análisis de componentes principales los parámetros “altura de planta” y “numero de ramas basales” explicaban en el año 2008 el 97% de la varianza, considerándose por esta razón a los dos parámetros como importantes para la evaluación de las progenies (PINEDO & BARDALES, 2009).

Cavalcanti & Resende (2010), practicaron una selección precoz intensiva en el mejoramiento del cajueiro (*Anacardium occidentale*) para caracteres de alta heredabilidad (peso de almendra, resistencia a enfermedades) en los dos primeros años de edad de las plantas. Para caracteres de baja heredabilidad (rendimiento por ejemplo), fue necesario un mayor periodo de evaluación de hasta cuatro años. Alves y Resende (2008), al evaluar individuos y progenies de copoazu, encontraron que cosechas de frutos por 5 zafas, son suficientes para la evaluación de una matriz, pues la ganancia en eficiencia, cuando se consideran más zafas son prácticamente despreciables.

En trabajos de mejoramiento de café, Resende (2001), 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 modelo lineal mixto, se mostró adecuado para la estimación de parámetros genéticos y predicción de valores genotípicos en el mejoramiento del café.

La investigación sobre camu-camu se justifica ampliamente por su alta calidad de alimento nutraceutico (ácido ascórbico, antocianinas, pectina y sales minerales, entre otros metabolitos). El ácido ascórbico interviene en la síntesis de colágeno, hormonas, estimula la cicatrización de heridas y como anti-oxidante. Se le atribuye efecto astringente, anti-inflamatorio, emoliente y nutritivo. Presenta altos niveles de beta-caroteno, calcio, hierro, fósforo, niacina, riboflavina y tiamina (TAYLOR, 2001). Su amplia distribución geográfica incluye a los países de Brasil, Venezuela, Colombia y Perú, lo que es consistente con una gran variabilidad genética intra-específica. Se convirtió en una especie clave de intereses compartidos entre los países de América Latina, especialmente Brasil y Perú. Su amplia base genética, justifica un trabajo de mejoramiento con perspectivas para incrementar significativamente la cantidad y calidad de su fruta. En este contexto, hace más de 4 años se desarrollan actividades conjuntas entre el IIAP y Embrapa-Roraima, con énfasis en el mejoramiento genético, y la integración de competencias para la obtención de genotipos superiores de camu-camu.

El presente estudio se planteó como objetivo seleccionar genotipos precoces en germoplasma procedente de cuencas de Loreto, para la producción de semilla mejorada en el marco del programa de mejoramiento genético del camu-camu.

Material y métodos

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental “San Miguel” – CESM-IIAP (Iquitos), ubicado en la margen izquierda del río Amazonas, aguas arriba de la desembocadura del río Itaya, entre las coordenadas 3° 40' y 3° 45' de latitud Sur y 73° 10' Y 73° 11' de longitud Oeste, a 60 minutos de navegación aguas arriba de la ciudad de Iquitos. Se trata de una zona inundable de restinga alta, bajo influencia de agua

de lluvia pero muy poco del agua de río (Amazonas) de clima cálido húmedo, la temperatura promedio es de 26 °C y la precipitación pluvial anual es de 2911,7 mm/año.

El experimento fue instalado en el CESM, en área inundable (restinga o varzea) a orillas del río Amazonas el 21 de junio del año 2007, contando con 108 progenies en un área de 3000 m². El distanciamiento fue de 1.5 x 1 m (3 veces más denso que las plantaciones comerciales). Las 108 progenies, proceden de matrices del CESM instaladas a partir del año 2001, parte de ellas sin procedencia conocida, y otras proceden de la colección 5 cuencas (Itaya, Tigre, Napo, Curaray y Putumayo). Las semillas se obtuvieron de las plantas que destacaron por su precocidad, es decir que iniciaron su producción en los primeros años (2 a 4 años de la plantación). Las colecciones de muestra de frutos fueron previamente almacenadas en un vivero del CESM.

En la evaluación de las progenies se consideraron las siguientes variables:

- **Peso de fruto, de la cascara y la semilla** por gravimetría en balanza electrónica, calculándose su masa media.
- **Dímetro y largo de los frutos**, determinado con auxilio de paquímetro digital
- **Sólidos solubles**, determinado en refractómetro digital, siendo los valores expresados en Grados BRIX.
- **pH de pulpa**, mediante potenciómetro con dos decimales
- **Cantidad de semillas**, cuantificado el número medio de semillas por fruto
- **Rendimiento de pulpa**, con base en la sustracción de la masa de cascara y de las semillas del total de la masa del fruto, será obtenido el rendimiento de pulpa de cada individuo en porcentaje.
- **Tenor de vitamina C**, determinado según la metodología de Carvalho et al. (1990), el cual se basa en la reducción del indicador 2,6-diclorobenzenoindofenol (DCFI) por el ácido ascórbico.
- **Número total de frutos por planta**, contados al inicio de la maduración (estado pintón).
- **Rendimiento de fruta**, obtenido por la multiplicación del número total de frutos por la masa media del fruto.
- **Largo de peciolo**, medido desde la inserción hasta el inicio de la lámina foliar con vernier digital y precisión 0.01 mm.
- **Incidencia del gorgojo del fruto**, calculado en porcentaje dividiendo el número de frutos atacados sobre el número total de frutos en la planta.

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, Número de ramas basales y Número de ramas terminales). En los años de producción (2010, 2011 y 2012) se evaluó el rendimiento de fruta fresca.

La parcela bajo estudio fue atendida con labores de mantenimiento, consistente en limpieza de malezas sobre el suelo, las trepadoras y parásitas sobre las plantas estudiadas del bosque circundante a fin de minimizar el sombreado. También se efectuaron podas de limpieza para eliminar ramas improductivas y aquellas que se hubieran secado por causa de alguna plaga o factor fisiológico.

Análisis estadístico. Se hicieron comparaciones entre selecciones por variables vegetativas versus productivas, de selecciones por análisis comparativo visual directo y mediante modelos estadísticos, así como de selecciones anuales y acumulativas (de tres años) mediante pruebas de repetibilidad (Programa SELEGEN), con el arribo a conclusiones respecto a la selección de progenies y de plantas individuales superiores.

Se analizaron los datos mediante cálculos estadísticos descriptivos (promedios, rangos, varianza, coeficiente de variación). Para el análisis de varianza de algunos descriptores se aplicó el diseño: bloque completo aleatorizado con 4 repeticiones. La unidad experimental contaba con 3 plantas por parcela.

Se efectuó también un análisis de heredabilidad mediante los programas estadísticos SPSS 15.0, Selegen e Infogen.

Se evaluaron principalmente las variables “número de fruto”, “peso promedio de fruto” y “rendimiento de fruto”, en 3 años de evaluación (3^{er}, 4^{to} y 5^{to} año de la plantación).



Figura 1. Ubicación del Centro San Miguel (CESM) – IIAP.

Croquis de distribución de 108 progenies con 4 repeticiones y tres plantas por unidad experimental; Centro Experimental San Miguel – IIAP-Iquitos-Loreto-Perú

Unidad Experimental con 3 plantas de la progenie con código 42

Cuatro (04) repeticiones en Bloques Completos Aleatorizados

Línea	I			II			III			IV		
1	42-1	42-2	42-3	100-1	100-2	100-3	99-1	99-2	99-3	45-1	45-2	45-3
2	53-1	53-2	53-3	193-1	193-2	193-3	212-1	212-2	212-3	224-1	224-2	224-3
3	48-1	48-2	48-3	2-1	2-2	2-3	75-1	75-2	75-3	196-1	196-2	196-3
4	108-1	108-2	108-3	109-1	109-2	109-3	34-1	34-2	34-3	81-1	81-2	81-3
5	60-1	60-2	60-3	37-1	37-2	37-3	32-1	32-2	32-3	230-1	230-2	230-3
6	20			44			220			109		
7	47			83			54			46		
8	100			81			9			231		
9	69			43			193			89		
10	203			117			70			161		
11	155			20			109			54		
12	98			221			191			191		
13	215			18			230			34		
14	81			107			223			85		
15	218			191			43			43		

15 de 108 líneas

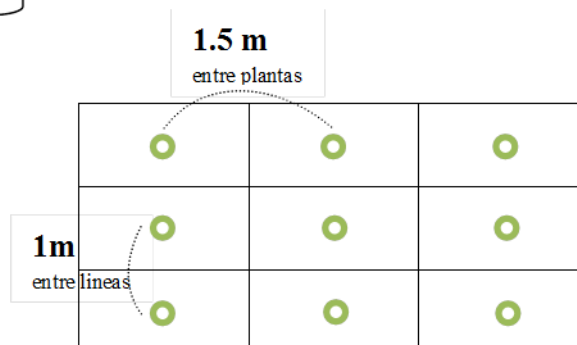


Figura 2. Croquis de distribución de 108 progenies con 4 repeticiones y tres plantas por unidad experimental. Centro Experimental San Miguel – IIAP-Iquitos-Loreto-Perú.

Analisis de repetitividad

Para la selección genotípos 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 genotípos evaluados en experimentos. El modelo estadístico responde a la expresión: $y = X\mathbf{m} + W\mathbf{p} + e$ donde:

y = es el 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 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 $r = h^2$: repetibilidad individual r_m : repetibilidad de la media de m cosechas o medidas repetidas y A_{cm} : 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 moderado 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.

Analisis de heredabilidad

En cuanto a la heredabilidad en sentido amplio (H^2), se define como la proporción entre la variancia genética y la variancia fenotípica: $H^2 = V_G / V_P$

La heredabilidad en sentido estricto h^2 , es el cociente entre la variancia genética aditiva y la variancia fenotípica: $h^2 = V_A / V_P$

Los niveles de heredabilidad son clasificados en tres categorías a saber:

BAJA heredabilidad: $0 < h^2 < 0,25$

MEDIA heredabilidad: $0,25 < h^2 < 0,50$

ALTA heredabilidad: $0,50 < h^2 < 1$

Un caracter con alta heredabilidad, tiene componente genético aditivo más importante que otros componentes y son más fáciles de mejorar genéticamente. En cambio, en caracteres con baja heredabilidad, otras componentes como a ambiental, tenderam mais importância, o qual fará mais difícil la melhora genética (RESENDE, 2007).

Resultados y discusion

En el Cuadro 1, se presentan las plantas e individuos seleccionados de acuerdo con las 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 & PAREDES, 2011). La productividad fue evaluada a partir del año 2010, luego de tres años de la instalación del ensayo, durante tres años (2010, 2011 y 2012). 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 mostro una consistente relación entre los parámetros vegetativos con el rendimiento de fruta. En cambio, la progenie 21 no mostro 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 mostro consistencia en cuanto a productividad y es seleccionada como planta superior. 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 por tres años de evaluación.

Cuadro 1. Selección convencional (sin analisis estadístico) mediante variables vegetativas (*) de plantas individuales y progenies de camu-camu en comparativo de 108 progenies.

2007	2008	2009
Individuos	Progenies	Progenies
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, número de ramas basales y número de ramas terminales).

Es importante resaltar que el número de ramas basales mostro 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 rendimiento de fruta ($r^2=0.43$), peso de fruta ($r^2=0.38$) y con ácido ascórbico ($r^2=-0.30$) (PINEDO, 2011; PINEDO, 2013).

En el Cuadro 2, se consideran los individuos y progenies seleccionados según el peso de fruto durante los años 2011 y 2012. La selección fue aplicada tanto de manera directa por apreciación de los pesos promedio de fruto para cada uno de los dos años, como mediante el análisis de repetibilidad (REML-BLUP). Verificamos que 6 de los 10 individuos seleccionados mediante el análisis de repetibilidad fueron también seleccionados por el método directo (sin análisis estadístico). Es importante resaltar que el análisis de repetibilidad coloca en los primeros lugares a dos plantas (42-2 y 117-1), las cuales en ninguno de los años fueron detectadas mediante el análisis directo.

Cuadro 2. Selección por “peso promedio de fruto” en 108 progenies precoces de camu-camu mediante apreciación directa y análisis de repetibilidad en los años 2011-2012.

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

(*) Selección de individuos mediante Selegen (REML-BLUP). (Sistema Estadístico e Seleção Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos) (RESENDE, 2007)

Se presenta a continuación en el Cuadro 3, los resultados del análisis de repetibilidad para la variable “peso promedio de fruto” que al tercer año presenta un coeficiente de determinación relativamente bajo de $R^2=0.21$ lo que propicia una precisión selectiva de nivel intermedio de 0.46 y una eficiencia de 1.60. Esto significa que con las plantas seleccionadas al tercer año se conseguiría elevar el peso promedio del fruto de la nueva población en un 60%. El índice de determinación relativamente bajo se explicaría por la naturaleza básica e insipiente del proceso de selección y mejoramiento de las poblaciones representadas.

Cuadro 3. Eficiencia de M medidas para “peso promedio de fruto” en 108 progenies de camu-camu mediante análisis de repetibilidad.

M	Determinación R^2	Acuracia	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

Bajo los parámetros de repetibilidad logrados a la tercera cosecha, se ha calculado en el Cuadro 4 un orden de merito según el “peso promedio de fruto” a nivel individual sobre la base de los componentes de la media de cada planta seleccionada y que ocupan los 10 primeros lugares. De acuerdo con estos resultados, mediante la clonación de las 10 plantas seleccionadas se lograría un incremento mínimo de 30% del peso promedio de fruto. Sin embargo es interesante notar el bajo promedio del peso promedio (8.29 a 8.49) posiblemente ligado al carácter de precosidad.

Cuadro 4. Selección individual y componentes de media para “peso de fruto” sobre 108 progenies de camu-camu a la tercera cosecha.

Orden	Planta	Individuo	fp	u + fp	Ganancia	Nueva Media
1	42-2	158	0.5768	8.4923	0.5768	8.4923
2	117-1	295	0.4794	8.3949	0.5281	8.4436
3	89-5	644	0.4332	8.3486	0.4965	8.4120
4	112-7	796	0.4047	8.3201	0.4735	8.3890
5	222-3	261	0.3398	8.2552	0.4468	8.3622
6	21-12	1062	0.3359	8.2514	0.4283	8.3438
7	19-9	780	0.3258	8.2413	0.4137	8.3291
8	114-11	1190	0.3149	8.2304	0.4013	8.3168
9	206-3	450	0.3083	8.2238	0.3910	8.3065
10	222-5	584	0.3007	8.2162	0.3820	8.2974

fp = efecto fenotípico permanente.

u + fp = valor fenotípico permanente.

Mientras que en el Cuadro 3, se presenta la eficiencia creciente según el número de medidas anuales (1 a 10 años) para la característica de “peso de fruto” se observa un bajo control genético para esta característica, ya que el índice de determinación (R^2) no pasa de 47% con una precisión menor de 70%. Esto demuestra el bajo nivel selectivo del material evaluado. Esta base de análisis se refleja en el Cuadro 4 donde se aplican los parámetros encontrados hasta los tres años y que se reflejan en un promedio relativamente bajo del peso de fruto.

En el Cuadro N°5, se muestra los análisis de varianza de cuatro descriptores (número de frutos verdes, porcentaje de frutos atacados, peso promedio de frutos y rendimiento de frutos) para las 108 progenies en estudio así como para 50 de las mejores de ellas. Los datos corresponden al 5° año de edad y 3ª cosecha. Para estas cuatro variables y 108 progenies, se encontró una diferencia altamente significativa ($p=0.000$) con valores de F entre 1.99 y 2.38. Para el "percentagem de frutos atacados", la diferencia fue mas pronunciada entre las 50 progênies 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.

Los índices de heredabilidad en sentido estricto (h^2_a), variaron de 0.122 a 0.187 calificados entre magnitudes bajas y medias o moderadas (RESENDE, 2002). Para el caso de parámetros vegetativos efectuados con un año de anticipación, “diámetro de copa” y “numero de ramas basales” resultaron con heredabilidad media o moderada ($h^2=0.30$ y $h^2=0.45$ respectivamente) (PINEDO & PAREDES, 2011). El análisis de 50 progenies mostro que solo

las variables “porcentaje de frutos atacados” y peso promedio de fruto” son significativamente diferentes entre progenies ($F=1.93$ sig.=0.000 y $F=1.52$ sig.=0.015 respectivamente).

En trabajos de mejoramiento de café, Resende (2001), encontró una baja heredabilidad entre los cultivares para los caracteres vegetativos: “altura de planta”, “diámetro de tallo” y “numero de ramas plagiotropicas”.

Cuadro 5. Análisis de varianza e índice de heredabilidad en sentido estricto (h^2a) de cuatro variables para 108 progenies de camu-camu con tres años de cosecha y 5 años de la plantación.

Variable	G.L.	Cuadrado Medio	F	Significancia	Heredabilidad h^2a
Numero de frutos verdes	107	51160.00	2.38	0.0000	0.187
	49	8763.05	0.79	0.845	0.188
Porcentaje de frutos atacados	107	0.15	2.03	0.0000	0.122
	49	543698.00	1.93	0.0000	0.008
Peso promedio de frutos	107	31652.00	2.14	0.0000	0.152
	49	18.33	1.52	0.0150	0.152
Rendimiento de frutos	107	978147	1.99	0.0000	0.179
	49	599357.11	0.73	0.9120	0.180

Los resultados en el Cuadro 6, del análisis de repetibilidad (REML-BLUP) para el carácter “rendimiento de fruta” nos muestra un índice de repetibilidad bastante bajo $r=0.06$ lo cual indica un reducido control genético que en el tercer año de cosecha se incrementa significativamente a $r=0.15$, lo que permite una precisión selectiva de 0.39 y un incremento del orden de 64% de los rendimientos de fruta.

Cuadro 6. Eficiencia del uso de tres cosechas con evaluación del rendimiento de fruta en 108 progenies de camu-camu.

m	Repetitividad o Determinación	Acuracia	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

m : Numero de cosechas o evaluaciones

Oliva & Resende (2008) en su análisis de repetibilidad para productividad de 5 cosechas de camu-camu, encontraron moderada magnitud del coeficiente de repetitividad ($r=0.41$ en la primera medicion); la repetibilidad del promedio de 5 cosechas de fruta fue de

0.77, propiciando exactitud selectiva de 0.88. Según estos autores es necesario 5 a 6 cosechas para seleccionar con precisión genotipos superiores. En dicho caso las plantas tenían una edad entre 10 y 14 años versus 3 a 5 años del presente estudio lo que podría explicar parcialmente la diferencia entre los índices de repetibilidad de los dos grupos estudiados. Si embargo, notese que la eficiencia de mediciones fue mayor en las plantas jóvenes del presente estudio (1,64) vs 1,28 en el estudio de Oliva & Resende (2008), probablemente debido a la mayor estabilidad en la expresión productiva de las plantas adultas. Al respecto, Cavalcanti & Resende (2010), en la estimativa de los parámetros genéticos, para el carácter “peso de fruto” encontraron 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.

El cuadro de méritos expresado en el Cuadro 7, confirma la superioridad de 13 plantas según el “rendimiento de fruta” que destacaron en los años 2010, 2011 y 2012. Sin embargo parte de ellas especialmente en los años 2010 y 2011 no fueron consistentes durante los tres años de evaluación. La evaluación previa realizada por Pinedo & Paredes (2011) permitió seleccionar por rendimiento de fruta a las plantas 21-12, 222-1, 26-1, 210-11, 114-8 y 211-12. De las cuales solo y 211-12 y 222-1 fueron confirmadas por el análisis de repetibilidad. Respecto a la ganancia genética expresada en kilos y porcentajes en dicho Cuadro, observamos que con el uso de n plantas seleccionadas (1 a 13, mediante clonación), se obtendrían ganancias de 195% (si son 13 plantas clonadas). Si fuesen por ejemplo solo las 5 primeras del orden de mérito se obtendría correspondientemente una ganancia genética de 238.43% y así sucesivamente, pese al bajo nivel de repetibilidad ($r = 0.155$ corresponde al tercer año de cosecha-Cuadro 6).

Cuadro 7. Selección de 13 plantas individuales y componentes de media (BLUP Individual) mediante análisis de repetibilidad en tres años (2010, 2011 y 2012) para rendimiento de fruta en 108 progenies de camu-camu.

Progenie	Planta	Valor genotípico kg/año	Ganancia Genética kg/año	Ganancia Genética %	Nueva Media
98	1	333.9094	626.6005	333.9094	626.6005
206	6	273.7048	566.3959	303.8071	596.4982
98	12	201.174	493.8650	269.5961	562.2871
229	3	200.8128	493.5038	252.4003	545.0913
44	12	182.5827	475.2737	238.4367	531.1278
249	3	177.8301	470.5211	228.3356	521.0267
244	5	173.7835	466.4745	220.5425	513.2335
10	12	171.9256	464.6167	214.4654	507.1564
211	12	167.2297	459.9207	209.217	501.908
71	3	166.7938	459.4848	204.9746	497.6657
85	11	165.6676	458.3586	201.4013	494.0923
37	3	165.3001	457.9912	198.3928	491.0839
222	1	155.7491	448.4401	195.1126	487.8036

El siguiente Cuadro 8 muestra el resultado de una evaluación de la incidencia del gorgojo del fruto del camu-camu tanto en individuos o plantas como también a nivel de

progenies, de las 108 evaluadas. Vemos que la planta 51-2 ocupó el primer lugar en el orden de mérito con 0% de incidencia del gorgojo. A nivel de progenies coincidió también el código 51 que también ocupó el primer lugar con el menor nivel de ataque de la plaga.

Cuadro 8. Selección de individuos y progenies del camu-camu, según la incidencia de *Conotrachelus dubiae* (gorgojo do fruto) en el año 2012.

Plantas Seleccionadas Orden de mérito	Incidencia del gorgojo % frutos atacados	Progenies Seleccionadas Orden de mérito
51-2	0,00	51
64-3	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	5,00	10

En el Cuadro 9, se presenta las procedencias de las plantas superiores seleccionadas por “rendimiento de fruta” en ella destaca la cuenca del río Curaray y la población Urco dentro de él. Se anota que en los primeros cuatro lugares, no aparecen las cuencas Putumayo y Napo que destacaron por altos rendimientos de fruta para plantas no precoces (PINEDO, 2013). Esto podría explicarse por que los genotipos de esas cuencas de Putumayo y Napo mostraron altos rendimientos pero no fueron precoces (PINEDO et al., 2010) o posiblemente que los parámetros físicos y químicos del suelo interfirieron en la selección de las plantas para los ríos señalados en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Procedencia de plantas superiores seleccionadas por rendimiento de fruta luego de tres cosechas consecutivas 2010-2012 (Selección REML-BLUP).

Código de Colección	Río	Cocha	Coordenada planta 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

n.d. = No determinado

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 del cajueiro con una densidad 4 veces mayor que la tradicional (CAVALCANTI & RESENDE, 2010).

Conclusiones

- La progenies ensayadas, consideradas precoces, iniciaron la cosecha a partir de 38 meses de la plantación.
- El 30% de las progenies seleccionadas por parámetros vegetativos, mostraron también alta productividad y peso de fruto, estas son: 10, 44 y 222.
- Destaco 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 repetibilidad el control genético o índice de repetibilidad en general fue de magnitud baja. Sin embargo los índices de eficiencia permitirían un incremento significativo del rendimiento y peso de fruto luego de tres años de selección. Los índices de determinación relativamente bajos ($R^2=0,15$ para rendimiento de fruta) se explicaría por la naturaleza básica e insipiente del proceso de selección y mejoramiento de las poblaciones representadas.
- Las variables relacionadas con rendimiento de fruta mostraron alto índice de variabilidad y su heredabilidad no paso de $h^2=0.25$.
- En cuanto a tolerancia al gorgojo del fruto se encontró una posible relación con factores genéticos, seleccionando 7 plantas con $\leq 5\%$ de incidencia de la plaga.

Bibliografía citada

Alves, R.M.; Resende, M.D.V. 2008. Avaliação genética de indivíduos e progenies de cupuacuzeiro no estado do Pará e estimativas de parâmetros genéticos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 696-701.

Cavalcante, J.J.V.; Resende, M.D.V. 2010. Seleção precoce intensiva: uma nova estratégia para o programa de melhoramento genético do cajueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p.1279-1284.

Mendoza, R.O.; Picon, B.C.; Gonzales, T.J.; Cardenas, M.R.; Padilla, T.C.; Mediavilla, G.M. Lleras, E.; Delgado, F.F. 1989. Informe de la expedición de recolección de germoplasma de camu-camu (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]*) en la Amazonia Peruana. Lima (Peru). Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial. 19 pp.

Oliva; C.C.; Resende, M. D. V. D. Mejoramiento genético y tasa de autofecundación del Camu-camu arbustivo en la Amazonia peruana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 450-454. 2008.

Pinedo, P.M.; Riva, R.R.; Rengifo, S.E.; Delgado, V.C.; Villacres, V. J.; Gonzales, C.A.; Inga, S.H.; Lopez, U.A.; Farroñay, P.R. Vega, V.R. Linares, B.S. 2001. **Sistema de producción de camu-camu en restinga**. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos. Peru 141 pp.

Pinedo, P.M.; Bardales, L.R. 2009. Comparativo de 108 progenies precoces de camu-camu (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]*); Informe técnico a los 29 meses de la plantación. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos. Peru. 23 pp.

Pinedo, P.M.; Delgado, V.C.; Farroñay, P.R.; Del Castillo, T.D.; Iman, C.S.; Villacres, V.J.; Fachin, M.L.; Oliva, C.C.; Abanto, R.C.; Bardales, L.R.; Vega, V.R. 2010. **Camu-camu** (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]*, *Myrtaceae*); **Aportes para su aprovechamiento sostenible en la Amazonia Peruana**. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos. Peru. 135 pp.

Pinedo, P. M. 2013. Correlation and heritability analysis in breeding of camu-camu [*Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh*] (Kunth) McVaugh]. Peruvian Amazon Research Institute. Iquitos. Peru. **African Journal of Plant Science**, v. 7, n. 2. p. 61-66.

Pinedo, P.M.; Paredes, D.E. 2011. Evaluación preliminar de 108 progenies precoces de camu-camu [*Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh*] (Myrtaceae) en Loreto, Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. **Folia Amazónica**, v. 20, n.1-2, p.77-82.

Resende, M.D.V. 2007. SELEGEM-REML/BLUP. Sistema Estatístico e Selecao Genetica Computadorizada via Modelos Lineares Mistos. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria**. Embrapa Florestas. 359.

Resende, M.D.V. 2001. Estimativas de parámetros genéticos e predicao de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia**, v.60, n.3, p.185-193.

Resende, M.D.V. 2002. Genetica Biometrica e Estatistica no Melhoramento de Plantas Perenes. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria**. Embrapa Florestas. 975 p.

Riva, R.R.; Gonzales, R.I. 1997. **Tecnología del cultivo de camu-camu** (*[Myrciaria dubia (Kunth) McVaugh]* H.B.K. McVaugh en la Amazonia Peruana. Lima. INIA. 45 pp.

Taylor, L. **Herbal secrets of the Rainforest**. Raintree Nutrition, Inc. Austin. Texas. 360 p. 2001.

CAPITULO IV-Selección individual en 43 progenies avanzadas de camu-camu en área inundable de la amazonia peruana

Abstract

Esta investigación se hizo para compendiar y validar la selección individual de plantas de camu-camu previamente seleccionadas en pruebas genéticas. Se evaluaron de 43 progenies de camu-camu, pre-seleccionadas en pruebas genéticas y campos de productores mayormente de áreas inundables (varzea). La parcela tiene 2,580 m² y cada progenie fue instalada en una hilera de 10 plantas medias hermanas, con un distanciamiento de 3 x 2 m. Aplicando el programa SELEGEN (Reml/Blup) Modelo básico 63 y análisis de repetitividad de cuatro cosechas, se han seleccionado individuos para cada uno de los 16 descriptores, donde para “rendimiento de fruta” destaco nítidamente la población “Tipishca” del rio Tigre que ocupó 5 de los primeros 10 lugares de mérito a saber: TT0725-9, TT0812-5, TT0725-4, Pc0504-5, BMC1-8, Pc054-6, Clon64-8, Pc0504-8, TT0725-6 y TT0812-3. Una selección individual de los 10 primeros lugares de individuos recombinantes naturales para “rendimiento/ peso de fruta” son TT0725-4 y Clon 64-8 y para recombinante triple “rendimiento/peso de fruta/ácido ascórbico” el individuo Clon 64-8. Los descriptores de mayor control genético con $r \geq 0.30$ resultaron: “peso promedio de frutos”, “grados brix”, “altura de planta”, “numero de ramas basales” y “longitud de peciolo”. Además de los criterios de heredabilidad y correlacion se propone el criterio de similitud. Se considera que la variable “altura de planta” es la más adecuada para predecir el rendimiento.

Palabras clave: *Myrciaria dubia*, Mejoramiento Genético, Selección de plantas superiores

Introducción

En los últimos 15 años, se están evaluando en el Centro Experimental San Miguel del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) colecciones básicas y pruebas genéticas, lo que ha permitido el incremento de la base genética con material superior para producir semilla mejorada del camu-camu. Se han identificado plantas superiores en cuanto a rendimiento de fruta, peso promedio de fruta, contenido de vitamina C, tolerancia a plagas y otras características agronómicas.

El INIA-Iquitos, en el periodo 1986-1988 colectó 39 poblaciones, en los ríos Ucayali, Amazonas, Marañón y Napo (Mendoza et al.1989), cuya productividad ha sido evaluada durante 15 años. Esta evaluación permitió observar 10 plantas sobresalientes por rendimiento de fruta, en suelo inundable de agua oscura (isla de Muyuy) y 10 en suelos de tierra firme, con rendimientos proyectados entre 6 y 25 t/ha a los 11 años de edad (Pinedo, et al. 2010).

En el CESM-IIAP, se llevó a cabo la sexta evaluación de parámetros vegetativos y reproductivos del comparativo de 37 clones de camu-camu, los mismos que fueron evaluados consecutivamente a los 5, 9, 23, 35, 46 y 58 meses de la plantación. A los 5 años de edad, se encontraron diferencias significativas entre clones respecto a “diámetro de copa” ($F_c=10.44$

Sig=0.00) y “numero de flores” (Fc=3.46 Sig=0,019). No se encontraron diferencias significativas entre clones respecto a los parámetros “diámetro basal promedio” (Fc=1.773 Sig=0,157), “diámetro basal total” (Fc=0.368 Sig=0.76), “altura de planta” (Fc=2.088 Sig=0,106), “numero de ramas basales” (Fc=0.163 Sig=0,921) y “numero de frutos” (Fc=0.76 Sig=0.55). Al aplicar el análisis de correlación se encontró significación estadística del “diámetro basal promedio” con “número de frutos verdes”, “altura de planta” y “numero de flores”, con índices de Pearson de 0,221, 0,204 y 0,281 respectivamente. Respecto al número de frutos, se ubicaron en los primeros lugares los clones: **49** (rio Nanay, Nina Rumi, Tinaja Pozo), **21** (rio Putumayo, San Antonio, Vaca Poza), **52** (rio Putumayo, Molano), **32** (rio Putumayo, Cedro) y **53** (rio Amazonas, plantación Santa Rosa). En la sexta evaluación, se registró una fructificación de 11,370 frutos/planta en la planta **49-III** (Pinedo et al., 2009)

En el IIAP, en los años 2005 y 2006 fueron pre-seleccionadas 715 plantas precoces que iniciaron producción entre los 2 a 4 años de edad. En los primeros tres años (2007, 2008 y 2009) se evaluaron y seleccionaron progenies e individuos según parámetros vegetativos, la que mayormente no correspondió a la selección por rendimiento de fruta (2010-2011), con excepción de las progenies 21 y 222. Este análisis, demostró que la selección temprana por parámetros vegetativos es información importante pero no definitiva para la selección de plantas superiores según el rendimiento de fruta (Pinedo & Paredes, 2011). Esta tendencia también fue mostrada por Pinedo et al. (2009).

En cuanto a plagas de importancia económica se ha evaluado el nivel de incidencia de *Tuthilia cognata* y *Conotrachelus dubiae* (Paredes, D.E. & Pinedo, P. M. 2013b) en colecciones básicas y pruebas genéticas, encontrándose progenies e individuos con bajos niveles de incidencia que podrían significar tolerancia o resistencia al ataque de dichos insectos.

Presentamos las evaluaciones de parámetros vegetativos y reproductivos realizados en una prueba genética de 43 progenies de camu- camu, instalada en el año 2010, en el CESM. La evaluación se hizo durante cuatro años, para seleccionar progenies e individuos según los principales caracteres deseados del ideotipo de planta en concordancia con el plan de mejoramiento genético del camu-camu (Pinedo, et al., 2004). Estos resultados, brindaran una referencia sobre la productividad de material genético mayormente superior seleccionado por INIA e IIAP, y servirán de base para posteriores análisis de productividad y selección consistente de plantas superiores, independientemente de los factores ambientales.

Material y métodos

El presente trabajo, instalado en el año 2010, se lleva a cabo en el Centro Experimental “San Miguel”-CESM-IIAP (Iquitos), ubicado en la margen izquierda del río Amazonas, 10 km aguas arriba de la ciudad de Iquitos, entre las coordenadas 3° 40' y 3° 45' Latitud Sur y 73° 10' y 73°11' Longitud Oeste. El lugar es inundable (tipo varzea) con una temperatura promedio de 26 °C, precipitación pluvial de 2911,7 mm/año (Pinedo, M. 2002). Cuarentitres progenies fueron instaladas en una parcela de 2580 m², en forma aleatorizada, con 10 repeticiones o medias hermanas, unidades experimentales conformadas por una sola planta y

distanciamiento de 3 x 2 metros. Las progenies proceden de matrices de los campos experimentales del CESM-IIAP-Iquitos, INIA-Loreto y IIAP-Pucallpa (Cuadro 1). Las matrices fueron elegidas por sus altos rendimientos y estabilidad en la producción de fruta durante varios años de estudio, y correlacionada con el rendimiento. Las procedencias del material genético evaluado se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Procedencia de las 43 progenies de camu-camu evaluadas.

Progenie	Código	Procedencia Original		Procedencia ultima	
		Rio (cuenca)	Poblacion (cocha)	Productor	Dpto
1	Clon 48	Putumayo	Molano	IIAP-Iquitos	Loreto
2	CIP-TC1	N.I.	N.I.	Tito Caballero	Ucayali
3	15-06-09	Nanay	Yuto-Mishana	INIA-Iquitos	Loreto
4	Clon 52	Putumayo	Tinta	IIAP-Iquitos	Loreto
5	15-04-03	Nanay	Yuto-Mishana	INIA-Iquitos	Loreto
6	14-17-07	Nanay	Samito-Yarina	INIA-Iquitos	Loreto
7	Clon 69	Amazonas	Santa Rosa	Mario Pinedo	Loreto
8	Clon 61	Putumayo	Cedro	IIAP-Iquitos	Loreto
9	Clon 29	Nanay	Morona	IIAP-Iquitos	Loreto
10	PC0504	Putumayo	Cedro	IIAP-Iquitos	Loreto
11	15_07_13	Nanay	Yuto-Mishana	INIA-Iquitos	Loreto
12	CIP-TC2	Loreto	N.I.	Tito Caballero	Ucayali
13	NN0323	Napo	Núñez	IIAP-Iquitos	Loreto
14	15_04_01	Nanay	Yuto-Mishana	INIA-Iquitos	Loreto
15	Clon 44	Putumayo	Vaca Poza	IIAP-Iquitos	Loreto
16	15_02_05	Nanay	Yuto-Mishana	INIA-Iquitos	Loreto
17	14_09_02	Nanay	Samito-Yarina	INIA-Iquitos	Loreto
18	TT0725	Tigre	Tipishca	INIA-Iquitos	Loreto
19	Clon 14	Amazonas	Cocha Fabián	IIAP-Iquitos	Loreto
20	14_11_07	Nanay	Samito-Yarina	INIA-Iquitos	Loreto
21	TMIX	Iquitos	Mezcla	IIAP-Iquitos	Loreto
22	14_10_04	Nanay	Samito-Yarina	INIA-Iquitos	Loreto
23	14_07_05	Nanay	Samito-Yarina	INIA-Iquitos	Loreto
24	15_04_08	Nanay	Yuto-Mishana	INIA-Iquitos	Loreto
25	Ct0818	Curaray	Tostado	IIAP-Iquitos	Loreto
26	14-14-11	Nanay	Samito-Yarina	INIA-Iquitos	Loreto
27	15_06_13	Nanay	Yuto-Mishana	INIA-Iquitos	Loreto
28	14_01_12	Nanay	Samito-Yarina	INIA-Iquitos	Loreto
29	I-3	Loreto	N.I.	IIAP-Pucallpa	Ucayali
30	Clon 64	Putumayo	Cedro	IIAP-Iquitos	Loreto
31	14_10_01	Nanay	Samito-Yarina	INIA-Iquitos	Loreto
32	PV-C3	Loreto	N.I.	Pablo Villegas	Ucayali
33	15_14_07	Nanay	Yuto-Mishana	INIA-Iquitos	Loreto
34	NY0518	Napo	Yuracyacu	IIAP-Iquitos	Loreto
35	14_11_01	Nanay	Samito-Yarina	INIA-Iquitos	Loreto
36	14_09_07	Nanay	Samito-Yarina	INIA-Iquitos	Loreto
37	BM-C1	Loreto	N.I.	Bernardo Mahua	Ucayali
38	15_11_01	Nanay	Yuto-Mishana	INIA-Iquitos	Loreto
39	Pc0922	Putumayo	Coto	IIAP-Iquitos	Loreto
40	14-18-05	Nanay	Samito-Yarina	INIA-Iquitos	Loreto
41	TT0812	Tigre	Tipishca	IIAP-Iquitos	Loreto
42	NY0805	Napo	Yuracyacu	IIAP-Iquitos	Loreto
43	15_14_03	Nanay	Yuto-Mishana	INIA-Iquitos	Loreto

a) Variables independientes evaluadas

Los descriptores evaluados y analizados fueron:

Altura de planta

La medición se realizó con una wincha y una barra telescópica de 5m de largo y el valor fue expresado en cm.

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 de ramas terminales

Fueron contadas la totalidad de ramas terminales de cada individuo.

Número de brotes basales

Fueron contados los brotes vegetativos presentes en el cuello de la planta.

Porcentaje de frutos atacados por gorgojo del fruto

Fueron contados los frutos aun adheridos a la planta, con síntomas/signos de daño/presencia del gorgojo del fruto (*Conotrachelus dubiae*).

Número de frutos / planta

Los frutos se contabilizaron tomando en cuenta los frutos en estado de desarrollo completo (estado 5 al 8) (Paredes, 2013).

Peso de fruto (g)

Se realizó la pesada de cada fruto de una muestra de 20 frutos/planta, el valor fue expresado en gramos, con precisión de un decigramo.

Rendimiento de fruta (g)

Fue calculado multiplicando el número de frutos por planta por la masa media del fruto y expresado en gramos/planta con precisión del decigramo.

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.

Potencial de radicales Hidrogeno (pH)

Se usó potenciómetro portátil (precisión de dos decimales) sobre una muestra de 30 ml de pulpa fresca de pulpa.

Peso de fruto, de la cascara y la semilla

Las fracciones (pulpa, cascara y semilla) fueron separadas manualmente y pesadas en balanza digital portátil (precisión de un decimal o decigramo), calculándose su masa media a partir de 25 mediciones. Por cálculo se obtuvo el porcentaje de cada fracción.

Longitud de peciolo, longitud del limbo, ancho del limbo

El peciolo fue medido a partir del punto de inserción del peciolo hasta el inicio de la lámina foliar. Igualmente la longitud y ancho del limbo. Se empleó vernier de precisión al centimilímetro y se expresó en milímetros.

Diámetro de copa / planta

Se tomaron las medidas del diámetro de copa con ayuda de una barra telescópica, el valor fue expresado en cm.

Diámetro basal de tallo

La medida se efectuó en el cuello de la planta, debajo de la primera ramificación, con la ayuda de vernier y el valor fue expresado en milímetros con precisión al decimilímetro.

b) Diseño estadístico

El diseño estadístico usado en el presente experimento fue el Diseño completamente aleatorizado a nivel de progenies y no por individuos, con igual número de repeticiones y una planta por unidad experimental; es decir se evaluaron un total de 43 familias, con diez repeticiones cada una, lo cual asciende a un total de 430 individuos. Para los análisis estadísticos se usaron los programas SPSS Versión 20 (2011) y Selegen-REML/BLUP modelo básico 63 (Resende, 2002). Se efectuaron cálculos estadísticos heredabilidad, correlación y repetitividad.

Para la selección genotípica 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 genotípica evaluados en experimentos. El modelo estadístico responde a la expresión:

$$y = X_m + W_p + e, \text{ donde:}$$

y = es el vector de cada uno de los datos m = vector de los efectos de medición (asumidos como fijos) sumados a la media general p = vector de los efectos permanente (efectos genotípicos + efectos ambientales) asumidos como aleatorios y 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 $r = h^2$: repetitibilidad individual r_m : repetitibilidad de la media de m cosechas o medidas repetidas y A_{cm} : 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 moderado 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.

Los valores genotípicos de cada planta serán estimados por:

$$\hat{g}_i = \bar{MG} + \beta_p (MP_i - \bar{MG})$$

En que: $\beta_p = \frac{m\hat{\rho}}{1+(m-1)\hat{\rho}}$: coeficiente de determinación del valor fenotípico permanente o repetitividad de la media de:

- m** = 4 mediciones en el individuo.
- $\hat{\rho}$ = estimativa de la repetitividad individual.
- MG** = media general de las plantas en varias mediciones;
- MPi** = media general da la planta i en las varias mediciones.

La ganancia genética fue estimada como el promedio de valores genotípicos de los individuos seleccionados cuyos componentes de varianza (REML Individual) son:

- Vfp**: Varianza fenotípica permanente es la variancia de $u+a+d+ep$ = valor fenotípico permanente.
- Vet**: Varianza ambiental temporaria
- Vf**: Varianza fenotípica individual es la sumatoria de las variancia aditiva+ variancia dominante + variancia efecto permanente + variancia efecto temporario.
- R**: Repetitividad individual está dada por la variancia genética aditiva + la variancia genética de la dominancia + variancia ambiental permanente todo sobre variancia fenotípica.
- Acm**: Exactitud selectiva

La suma de estos componentes constituirá la Media general, Según Resende (2002), la clasificación de la repetitividad son: Alta (mayor de 0.60), media (entre 0.30 hasta 0.60) y baja (menor de 0.30). El mismo autor clasifica la heredabilidad en el sentido restringido en: baja (entre 0.01 hasta 0.015), media o moderada entre (0.15 hasta 0.50) y alta (mayor de 0.50).

Resultados

Se presentan a continuación los resultados acumulados en el periodo 2010 al 2017 sobre las 430 plantas de la parcela experimental así como los resultados de análisis de rendimientos, correlaciones y repetitividad para 4 cosechas. Estos resultados se agrupan en a) Sobre rendimiento de fruta; b) Analisis de repetitividad (vegetativas, reproductivas y químicas); c) Correlaciones y d) Selecciones.

a) Rendimiento de fruta

La Figura 1, muestra un rango de rendimiento de 1.6 a 2.4 Kg.planta⁻¹ de fruta fresca para los diez mejores individuos entre 43 progenies de camu-camu evaluadas luego de 4 años de la plantación en el área inundable del ensayo bajo evaluación. Corresponde al segundo año de producción.

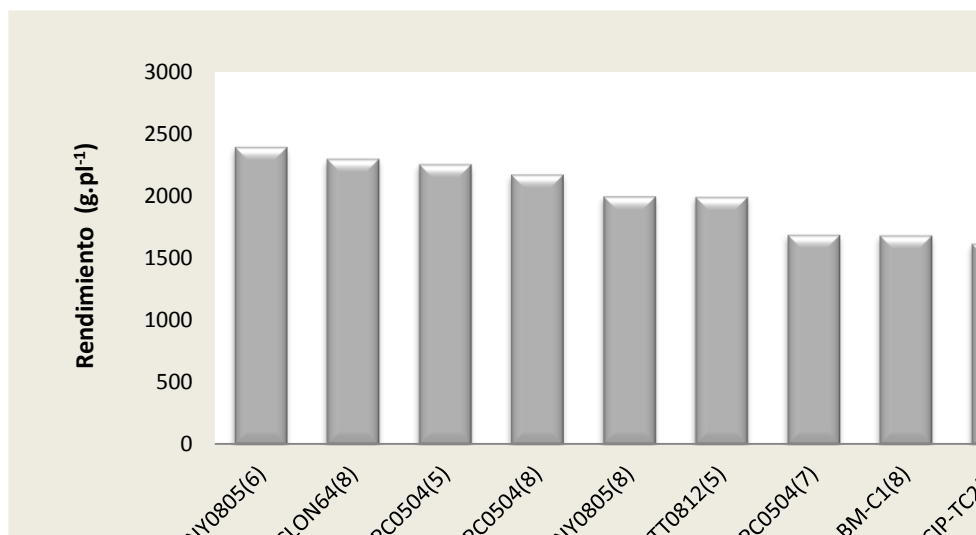


Figura 1. Rendimiento de fruta de 10 mejores individuos 4 años después de la plantación.

En la Figura 2, se presenta las tendencias máximas y promedio del rendimiento de fruta de camu-camu desde el tercer año hasta el sexto año luego de la plantación. En el tercer año la cosecha fue muy reducida, alrededor de 10 g de fruta.planta⁻¹. Esto tiene relación a su vez con el bajo porcentaje de planta que inició la fructificación (alrededor del 10% del total de plantas evaluadas).

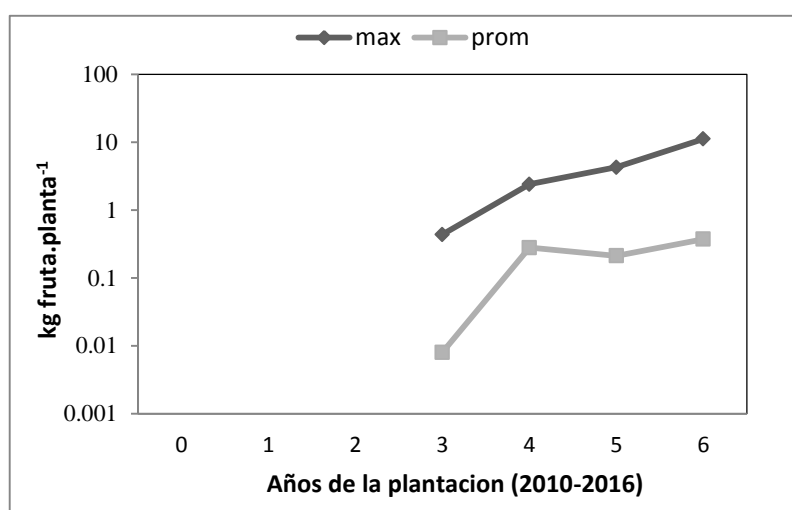


Figura 2. Rendimiento promedio de fruta de camu-camu en 43 progenies.

Se aprecia en la Figura 3 que el peso promedio de la fruta se incrementa ligeramente con la edad de la planta en los primeros tres años de cosecha, tendencia que al parecer cambia hacia menores niveles en el cuarto año de cosecha. El rango es amplio entre 2 y 14 g. y el promedio se mantiene en el nivel habitual de 8 g.

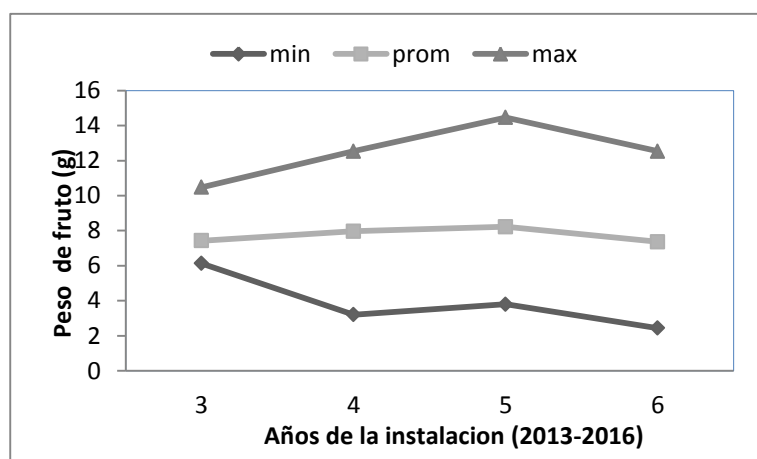


Figura 3. Peso promedio de fruto (g) en 43 progenies de camu-camu.

En la Figura 4 se presenta la tendencia de inicio de fructificación que se inicia al tercer año de la plantación con 10% de las plantas. El amplio incremento registrado en el cuarto año contrasta con la reducción hasta 50% presentado en los últimos dos años.

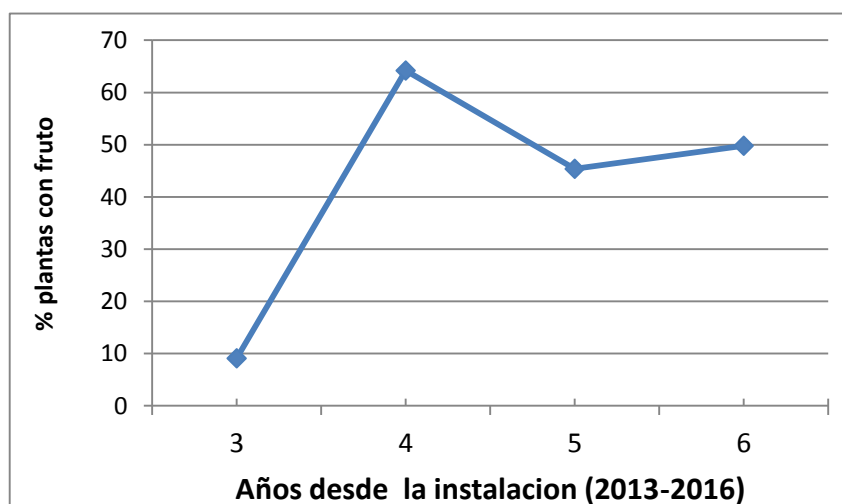


Figura 4. Inicio de fructificación en 43 progenies de camu-camu.

b) Análisis de repetitividad

En el Cuadro 2 se observa el análisis de repetitividad con el carácter “peso promedio de fruto” cuyo coeficiente r alcanza niveles relativamente altos a la cuarta cosecha, con una media general aceptable del peso de fruto que se aproxima a los valores frecuentes, aunque en material genético básico. Como puede verse, el coeficiente mejora con la repetición de mediciones hasta alcanzar en la cuarta medición o año el valor de $r_m=0.635071$, precisión de 0.797 y eficiencia de 1.4473. El orden de méritos para este carácter coloca en primer lugar al individuo Clon 64-9 con 10.128 g que supera el valor del ideotipo (Pinedo et al., 2004).

Cuadro 2. Análisis de repetitividad de cuatro cosechas para “peso promedio de fruto” de 43 progenies de camu-camu.

SELEGEN Reml/Blup Sistema Estadístico Computarizado para Selección Genética. Modelo Lineal Mixto Modelo 63. Numero de variables 1. Variable analizada: "peso promedio de fruto" sin ceros

Desviación estándar = 1383.47

Cuadro 2-1. Componentes de Varianza (REML Individual)

Vfp	=	0.779128 (varianza fenotípica permanente entre plantas)
Vet	=	1.790830 (varianza ambiental temporal no aditiva)
Vf	=	2.569958 (varianza fenotípica individual)
r	=	0.303168 ± 0.0577 (repetitividad individual)
r_m	=	0.635071 (repetitividad de la media de m cosechas)
Acm	=	0.796914 (Precisión de selección basada en el promedio de m cosechas)
Media general	=	7.641575

Cuadro 2-2. Eficiencia del uso de m medidas (4 cosechas) para “peso promedio de fruto”

n	Determinación	precisión	Eficiencia
1	0.303168	0.550607	1.000000
2	0.465278	0.682113	1.238839
3	0.566198	0.752461	1.366603
4	0.635071	0.796914	1.447337
5	0.685072	0.827691	1.503234
6	0.723022	0.850307	1.544309
7	0.752809	0.867646	1.575800
8	0.776812	0.881369	1.600724
9	0.796566	0.892505	1.620949
10	0.813107	0.901724	1.637693

Cuadro 2-3. Componentes de Media (BLUP Individual). Selección Individuos - Orden de Mérito de las 20 mejores plantas individuales según peso promedio de fruto

Orden	Individuo	fp	u + fp	Ganancia	Nueva media
1	Clon64-9	2.4871	10.1287	2.4871	10.1287
2	TT0725-4	1.9021	9.5436	2.1946	9.8362
3	Clon64-8	1.8454	9.4870	2.0782	9.7198
4	Clon61-3	1.6248	9.2663	1.9648	9.6064
5	141001-7	1.4970	9.1386	1.8713	9.5129
6	Pc0504-3	1.4302	9.0718	1.7978	9.4393
7	150714-8	1.3342	8.9758	1.7315	9.3731
8	I-3 (2)	1.2618	8.9034	1.6728	9.3144
9	Clon64-10	1.2541	8.8957	1.6263	9.2679
10	TT0725-10	1.2355	8.8770	1.5872	9.2288
11	I-3 (4)	1.1643	8.8059	1.5488	9.1904
12	TT0725-7	1.1471	8.7887	1.5153	9.1569
13	141001-9	1.1248	8.7664	1.4853	9.1268
14	Clon64-5	1.0540	8.6955	1.4545	9.0960
15	151403-2	1.0215	8.6630	1.4256	9.0672
16	150205-8	1.0150	8.6566	1.3999	9.0415
17	PV-C3-3	1.0150	8.6566	1.3773	9.0189
18	TMIX-2	1.0135	8.6551	1.3571	8.9987
19	TT0725-9	1.0056	8.6471	1.3386	8.9802
20	NY0518-5	0.9773	8.6189	1.3205	8.9621

Con los coeficientes del Cuadro 2 podemos alcanzar un valor del peso promedio de fruto de 10.12, superior al deseable según el ideotipo del Plan de Mejoramiento correspondiente (Pinedo et al. 2004).

Se muestran en el Cuadro 3 los resultados del análisis de repetitividad para el descriptor más importante de “rendimiento de fruta” incluyendo ceros cuyo nivel alcanza un valor bajo ($r=0.189$) que a la cuarta cosecha alcanzo un $rm=0.48$ con una precisión de $Acm=0.694$. En la selección individual (Cuadro 3-3) la población TT (Tigre-Tipishca) ocupando los tres primeros lugares y destaca el individuo TT0725 con tres medias hermanas presentes en el cuadro de méritos.

Cuadro 3. Análisis de repetitividad de cuatro cosechas para “rendimiento de fruta” de 43 progenies de camu-camu.

SELEGEN Reml/Blup Sistema Estadístico Computarizado para Selección Genética. Modelo Lineal Mixto Modelo 63. Numero de variables 1. Variable analizada: "rendimiento de fruta" con ceros Desviación estándar = 23348.19

Cuadro 3-1. Componentes de Varianza (REML Individual)

Vfp	=	58216.776611 (varianza fenotípica permanente entre plantas)
Vet	=	249500.860446 (varianza ambiental temporal no aditiva)
Vf	=	307717.637057 (varianza fenotípica individual)
r	=	0.189189± 0.0297 (repetitividad individual)
rm	=	0.482758 (repetitividad de la media de m cosechas)
Acm	=	0.694808 (Precisión de selección basada en el promedio de m cosechas)
Media general = 218.355116		

Cuadro 3-2. Eficiencia del uso de m medidas (4 cosechas) para “rendimiento de fruta”

m	Determinacion	Precision	Eficiencia
1	0.189189	0.434959	1.000000
2	0.318181	0.564076	1.296849
3	0.411764	0.641689	1.475287
4	0.482758	0.694808	1.597412
5	0.538461	0.733799	1.687055
6	0.583333	0.763762	1.755943
7	0.620253	0.787561	1.810658
8	0.651162	0.806946	1.855226
9	0.677419	0.823055	1.892260
10	0.700000	0.836660	1.923539

Cuadro 3-3. Componentes de Media (BLUP Individual). Selección de Individuos - Orden de Mérito de las 20 mejores plantas individuales

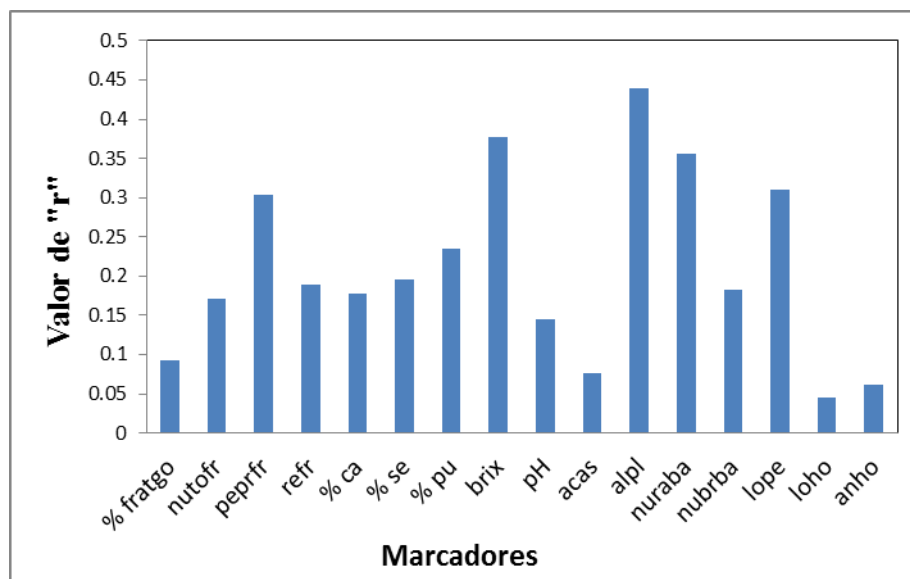
Orden	Individuo	fp	u + fp	Ganancia	Nueva Media
1	TT0725-9	1285.23	1503.58	1285.23	1503.58
2	TT0812-5	950.4	1168.75	1117.81	1336.17
3	TT0725-4	825.95	1044.3	1020.52	1238.88
4	Pc0504-5	794.94	1013.3	964.13	1182.48
5	BM-C1-8	774.32	992.67	926.16	1144.52
6	Pc0504-6	716.27	934.62	891.18	1109.54
7	Clon64-8	681.3	899.66	861.2	1079.55
8	Pc0504-8	535.91	754.27	820.54	1038.89
9	TT0725-6	492.12	710.47	784.05	1002.4
10	TT0812-3	482.22	700.58	753.86	972.22
11	141805-9	458.37	676.73	727	945.36
12	NY0518-3	413.02	631.37	700.84	919.19
13	TT0812-9	394.82	613.18	677.3	895.65
14	NY0518-7	393.99	612.34	657.06	875.42
15	Clon64-9	385.66	604.02	638.97	857.32
16	I-3	385.43	603.79	623.12	841.48
17	140907-4	385.07	603.42	609.12	827.47
18	Pc0504-7	384.82	603.17	596.66	815.01
19	Pc0504-10	373.01	591.37	584.89	803.24
20	151101-6	366.37	584.73	573.96	792.32

Para los demás marcadores analizados (14 adicionales) se presenta el Cuadro 5 que resume los coeficientes de repetitividad, precisión y eficiencia, donde destaca por un mayor control genético la altura de planta ($r=0.44$) que al cuarto año alcanzo un valor de $r_m=0.611$ y que al decimo año alcanzaría un $r_{10}=0.88$. Otros descriptores que podrían ser importantes por su potencial para selección indirecta son longitud de peciolo, grados brix y numero de ramas basales que al segundo año alcanzaron un r_m de 0.475, 0.547 y 0.525 respectivamente.

Cuadro 4. Resumen de análisis de repetitividad para 43 progenies de camu-camu.

Marcador	m	ceros	r	r_m	Acuracia	Eficiencia	\bar{X}	r_{10}
% frutos atacados	4	no	0.013	0.051	0.227	1.960	30.044	0.120
Numero Total frutos	4	si	0.172	0.454	0.674	1.624	35.243	0.822
Peso promedio de fruto	4	no	0.303	0.635	0.797	1.447	7.641	0.813
Rendimiento de fruta	4	si	0.189	0.483	0.695	1.597	217.355	0.700
% cascara	3	si	0.178	0.395	0.628	1.487	6.502	0.685
% semilla	3	si	0.195	0.422	0.649	1.468	6.963	0.708
% pulpa	3	si	0.235	0.480	0.693	1.428	21.036	0.754
Grados Brix	2	no	0.377	0.547	0.740	1.205	5.623	0.858
pH	2	si	0.145	0.254	0.504	1.321	0.398	0.630
Acido ascórbico	2	no	0.077	0.142	0.377	1.363	1708.00	0.463
Altura planta	2	si	0.440	0.611	0.782	1.178	2.167	0.887
Numero ramas basales	2	si	0.356	0.525	0.725	1.214	1.980	0.847
Numero brotes basales	2	no	0.183	0.310	0.556	1.300	1.938	0.691
Longitud peciolo	2	no	0.311	0.475	0.689	1.235	5.354	0.819
Longitud hoja	2	no	0.046	0.088	0.296	1.383	68.152	0.324
Ancho hoja	2	no	0.062	0.116	0.341	1.372	29.126	0.397

En la Figura 5, se muestran 5 marcadores de mayor control genético (peso promedio de fruto, grados brix, altura de planta, numero de ramas basales y longitud de peciolo) de los cuales los más predictivos por la posibilidad de evaluarlos en el corto plazo son altura de planta y longitud de peciolo.



Leyenda: %fratgo=%frutos atacados gorgojo; nutofr=Numero total de frutos; peprfr=Peso promedio fruto; refr=Rendimiento fruta; %ca=% cascara; %se=% semilla; %pu=% pulpa; brix=Grados Brix; acas=Acido ascórbico; alpl=Altura planta; nuraba=Numero ramas basales; nubrba=Numero brotes basales; lope=Longitud pecíolo; loho=Longitud hoja; anho=Ancho hoja.

Figura 5. Indices de repetitividad (r) para 16 marcadores en 43 progenies de camu-camu.

c) Correlaciones

Las inter-relaciones entre marcadores importantes, principalmente entre rendimiento de fruta versus marcadores vegetativos de mayor capacidad predictiva y más fácilmente medibles, se muestra en el siguiente Cuadro 5. Estos resultados en combinación con los índices de repetitividad o heredabilidad permitirán elegir los descriptores prioritarios como criterios de selección. En cuanto a correlaciones se indican como importantes las del “rendimiento de fruta”. Por ejemplo la correlacion significativa negativa entre “longitud de pecíolo” y “ancho de hoja” con rendimiento del año 2016. Un descriptor también a considerar es “altura de planta” que muestra una correlacion significativa con rendimiento de fruta del año 2013. Para los siguientes años no se obtuvo correlacion entre estas dos variables, al parecer con el crecimiento y desarrollo de la planta esa relación se debilita.

Cuadro 5. Correlaciones estadísticamente significativas e importantes (SPSS 20) en comparativo de 43 progenies de camu-camu (Significaciones para coeficiente Pearson).

Descriptor	Lpecio 2016	Ahoja 2016	Ntotfr 2014	Ntotfr 2015	Ntotfr 2016	Peprofr 2014	Peprofr 2015	Peprofr 2016	Acido Ascorb.	Rendto 2013
Altpl2013	0.200**	-	-	-	-	0.148*	-	-	-	0.316*
Altpl2014	0.165**	-	-	0.164*	-	0.124*	0.201**	-	-	-
Diambas	0.183**	-	-	-	-	0.163**	0.163*	-	-	-
Rbas2013	-	-	-	-	-	0.181**	-	-	-	-
Rbas2014	0.137**	-	-	-	-	-	0.174*	-	-	-
Rter2014	0.194**	-	-	-	-	-	0.170*	-	-	-
Anhoj2013	0.237**	-	-	0.191*	-	-	-	-	0.204*	-
Anhoj2016	0.316**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lonhoj2013	-	-	-	-	-	-	-	-	0.212*	-
Rend2014	-	-	0.970**	-	-	0.301**	-	-0.183**	-	-
Rend2015	-	-	-	0.368**	-	-	-	-	0.241*	-
Rend2016	-0.152*	-0.150*	-	-	0.238**	-	-	-	-	-

Leyenda: **Altpl2013**=Altura planta año 2013; **Altpl2014**=Altura planta 2014; **Diambas**=Diametro basal tallo; **Rbas2013**=Numero ramas basales 2013; **Rbas2014**=Numero ramas basales 2014; **Rter2014**=Numero ramas terminales 2014; **Anhoj2013** =Ancho hoja 2013; Anhoj2016=Ancho hoja 2016; **Lonhoj2013**=Longitud hoja 2013; **Rend2014**=Rendimiento fruta 2014; **Rend2015**=Rendimiento fruta 2015; **Rend2016**= Rendimiento fruta 2016.

d) Selecciones

Los Cuadros del 6 al 8 presentan 16 selecciones separadas según los tipos de marcadores o descriptores en vegetativos (Cuadro 6), marcadores reproductivos (Cuadro 7) y químicos (Cuadro 8). Para decidir entre el calculo “con ceros” o “sin ceros” se han considerados dos criterios: a) El valor del coeficiente de repetitividad (r) prefiriendo el mayor y b) El signo de la correlación con rendimiento, ya que de ser negativa (como en el caso de “longitud de peciolo” o “porcentaje de ataque del gorgojo del fruto”) los primeros lugares corresponden a los individuos con menor valor.

En el Cuadro 6, se presentan seis selecciones efectuadas; destaca el marcador “longitud de peciolo” en cuya selección aparecen plantas conocidas como buenas rendidoras de fruta. En las demás selecciones no están mayormente plantas destacadas por rendimiento de fruta lo cual es un reflejo de su bajo nivel de correlacion.

Cuadro 6. Selección de plantas según descriptores vegetativos en 43 progenies de camu-camu.

N°	2013-2014	2013-2014	2013-2014	2013 y 2016	2013 y 2016	2013 y 2016
	Con ceros	Con ceros	Sin ceros	Sin ceros	Sin ceros	Sin ceros
	Altura planta	Numrambas	Numbrobas	Longpeciolo	Longhoja	Anchohoja
1	14-09-07(7)	14-14-11(9)	TT0812(1)	Clon48-1	14-11-07(8)	15-04-01(7)
2	TT0812(5)	14-09-07(9)	14-09-07(6)	141707-9	14-09-07(9)	14-09-07(9)
3	14-11-07(10)	PV-C3(1)	Pc0922(10)	150408-9	CIP-TC2(9)	14-09-07(8)
4	BM-C1(5)	15-14-07(4)	14-09-07(9)	Clon48-7	14-09-07(10)	I-3(10)
5	BM-C1(7)	14-11-01(1)	15-14-03(2)	141707-4	CIP-TC2(10)	14-11-07(8)
6	TT0812(7)	TT0812(3)	NY0518(3)	Clon29-1	CIP-TC2(2)	14-09-02(5)
7	14-17-07(7)	TT0725(8)	14-11-01(1)	CIPTC1-1	I-3(10)	14-09-07(7)
8	14-09-07(1)	TMIX(3)	14-11-01(6)	140112-9	I-3(5)	CIP-TC2(8)
9	14-17-07(6)	PV-C3(8)	14-17-07(7)	141707-8	NY0805(5)	I-3(5)
10	14-18-05(2)	CIP-TC2(3)	14-14-11(10)	141707-3	CIP-TC2(8)	CIP-TC2(10)
11	NY0805(5)	15-04-01(9)	14-11-01(8)	Clon52-5	I-3(4)	15-11-01(2)
12	Clon61(8)	14-10-04(4)	TT0725(10)	Clon52-1	15-11-01(8)	Ct0818(10)
13	14-14-11(10)	15-06-13(1)	14-14-11(5)	PVC3-1	15-04-01(7)	15-02-05(6)
14	14-10-01(5)	Clon64(3)	14-01-12(4)	Clon52-2	Pc0504(8)	14-09-02(6)
15	14-09-07(5)	NY0518(7)	15-11-01(9)	140112-7	CIP-TC2(1)	14-09-02(9)
16	14-18-05(7)	TT0812(5)	NY0805(6)	Clon52-4	14-09-02(5)	TT0725(8)
17	14-18-05(1)	15-14-03(10)	14-09-07(7)	TMIX-9	Clon64(9)	Clon14(9)
18	NN0323(1)	15-14-03(9)	14-09-07(6)	150205-1	15-07-14(3)	TT0725(5)
19	15-11-01(1)	Pc0504(9)	Clon44(5)	Ct0818-1	15-06-13(8)	NY0805(5)
20	14-18-05(9)	15-07-14(2)	14-10-04(10)	TMIX-1	15-06-09(4)	14-10-01(9)

En el Cuadro 7 se presentan también seis selecciones según descriptores reproductivos, relacionados con la producción de fruta. La variable “rendimiento de fruta” destaca por tener en su lista a plantas de reconocida alta capacidad productiva, coincidiendo la prueba efectuada con anteriores evaluaciones del material genético incluido en las 43 progenies bajo estudio.

Cuadro 7. Selección de plantas según descriptores reproductivos en 43 progenies de camu-camu.

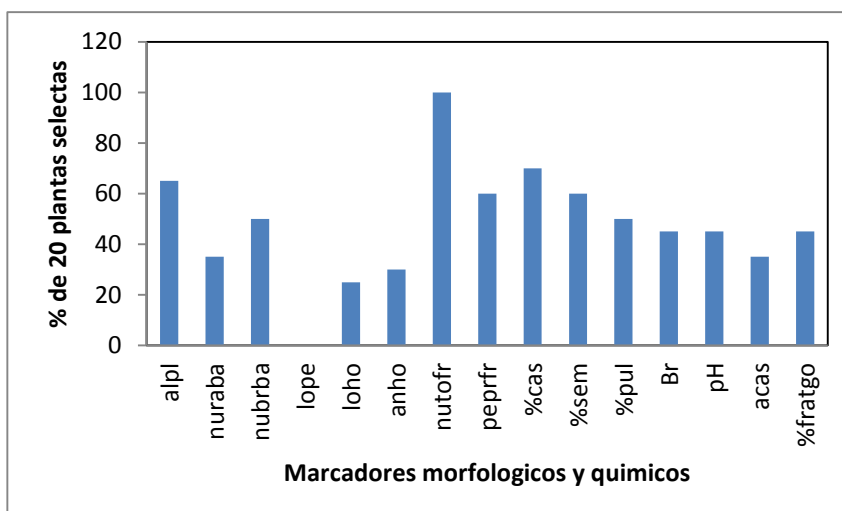
Año	2013-2016	2013-2016	2013-2016	2014-2016	2014-2016	2014-2016
Ceros	Con ceros	Sin ceros	Con ceros	Con ceros	Con ceros	Con ceros
Marc	Numtotfrut	Pesopromfrut	Rendfrut	%cascara	%semilla	%pulpa
1	TT0725-9	Clon64-9	TT0725-9	TMIX(5)	BM-C1(2)	NY0805(3)
2	TT0812-5	TT0725-4	TT0812-5	150205(10)	NY0518(7)	140907(1)
3	Pc0504-5	Clon64-8	TT0725-4	Clon64(8)	141707(2)	NY0518(7)
4	BM-C1-8	Clon61-3	Pc0504-5	TT0725(8)	150408(7)	140902(4)
5	Pc0504-6	141001-7	BMC1-8	14-18-05(9)	TT0812(8)	Clon14(5)
6	140907-4	Pc0504-3	Pc0504-6	150401(3)	Clon14(6)	151101(6)
7	Clon64-8	150714-8	Clon64-8	Pc0504(3)	140907(4)	NY0805(10)
8	151101-6	I 3-2	Pc0504-8	Pc0504(7)	Pc0504(8)	I-3(6)
9	Pc0504-8	Clon64-10	TT0725-6	BMC1(8)	151101(6)	TT0725(6)
10	TT0725-4	TT0725-10	TT0812-3	141707(2)	I-3(4)	BM-C1(2)
11	NY0518-3	I 3-4	141805-9	TT0725(4)	TMIX(5)	TT0725(9)
12	Pc0504-7	TT0725-7	NY0518-3	BMC1(1)	150205(3)	PV-C3(3)
13	TT0812-4	141001-9	TT0812-9	I-3(4)	140907(1)	151407(4)
14	NY0518-5	Clon64-5	NY0518-7	141107(7)	151101(5)	TT0725(8)
15	TT0725-6	151403-2	Clon64-9	Pc0504(10)	NY0805(2)	TT0725(4)
16	I 3-4	150205-8	I 3-4	I-3(6)	PV-C3(3)	150401(3)
17	141805-9	PV-C3-3	140907-4	151101(5)	TT0725(9)	BM-C1(8)
18	TT0812-3	TMIX-2	Pc0504-7	I-3(2)	NN0323(7)	150205(3)
19	Pc0504-10	TT0725-9	Pc0504-10	TT0725(6)	Pc0504(10)	Clon14(6)
20	NY0518-7	NY0518-5	151101-6	151407(4)	Pc0504(7)	Clon52(7)

En el Cuadro 8 tenemos la selección según contenido de ácido ascórbico de la pulpa y encontramos en la lista de los 20 mejores individuos a genotipos conocidos como de alto rendimiento de fruta. Eso permitiría tener individuos recombinantes naturales tanto de rendimiento de fruta como de contenido de ácido ascórbico. Así también en cuanto a tolerancia a la plaga gorgojo del fruto encontramos individuos de alto rendimiento por ejemplo aquellos que pertenecen a la población Tigre-Tipishca

Cuadro 8. Selecciones individuales según descriptores químicos de la pulpa y tolerancia al gorgojo del fruto en 43 progenies de camu-camu.

Año	2015-2016	2015-2016	2014-2015	2013-2016
Ceros	Sin ceros	Con ceros	Sin ceros	Sin ceros
Marc.	Brix	pH	Ácido ascórbico	% frutac
1	14-14-11(5)	14-11-01(5)	Ct0818(5)	BMC1-1
2	NY0518(9)	15-04-08(7)	Clon64(8)	PVC3-8
3	14-14-11(7)	Pc0504(7)	15-04-01(7)	151101-2
4	14-11-01(7)	TT0725(6)	Clon61(3)	TT0725-10
5	14-09-07(8)	Pc0504(8)	I-3(8)	Pc0504-4
6	BM-C1(8)	14-09-02(4)	NN0323(3)	141101-2
7	BM-C1(3)	Clon14(10)	NY0805(5)	TT0725-2
8	15-04-08(7)	Pc0504(10)	14-09-02(2)	150205-3
9	BM-C1(1)	Pc0504(5)	Ct0818(6)	NY0805-10
10	NY0518(7)	Clon14(7)	NY0805(8)	141004-4
11	14-07-05(2)	14-11-07(8)	15-06-13(2)	150408-7
12	14-11-07(5)	14-07-05(9)	14-07-05(2)	CIPTC2-3
13	Pc0504(10)	Clon64(8)	14-11-01(4)	CIPTC2-1
14	PV-C3(7)	TT0812(8)	14-09-07(3)	TT0812-9
15	BM-C1(10)	BM-C1(1)	NY0518(3)	TT0725-6
16	PV-C3(4)	14-11-07(5)	NY0518(9)	TT0725-7
17	14-18-05(4)	TMIX(4)	14-18-05(5)	Clon14-6
18	14-11-07(4)	14-14-11(10)	15-07-14(3)	Pc0922-2
19	14-14-11(10)	NY0518(3)	14-07-05(1)	Clon29-3
20	15-02-05(3)	14-11-01(4)	TT0812(5)	141004-5

La Figura 6, resume la comparación entre las 20 plantas que fueron seleccionadas en el presente ensayo via SELEGEN Reml/Blup, por su mayor rendimiento de fruta con igual número de plantas seleccionadas según los 15 restantes marcadores morfológicos aplicados. La comparación tiene relación con el análisis de correlación presentado líneas arriba, es decir de la correlación que más importa por tratarse del “rendimiento de fruta”, descriptor de mayor importancia económica para el camu-camu.



Leyenda: **alpl**=Altura planta; **nuraba**=Numero ramas basales; **nubrba**=Numero brotes basales; **lope**=Longitud pecíolo; **loho**=Longitud hoja; **anho**=Ancho hoja; **nutofr**=Numero total frutos; **peprfr**=Peso promedio fruto; **%cas**=% cascara; **%sem**=% semilla; **%pul**=%pulpa; **Br**=Grados Brix; **acas**=Acido ascórbico; **%fratgo**=%frutos atacados gorgojo.

Figura 6. Nivel de similaridad porcentual entre los 20 individuos seleccionados con mayor rendimiento de fruta en comparación con los 20 individuos seleccionados por 15 descriptores.

En la Figura 7 se integran tres coeficientes con el fin de evaluar objetivamente el potencial de cada descriptor o marcador morfológico para predecir en forma precoz la capacidad productiva de una planta individual. Los tres índices tienen un rango de 0 a 1. El índice r^2 indica el grado de asociación de cada descriptor con el rendimiento de fruta. El índice de similitud (**s**) es una forma simple y específica que cuantifica el grado de coincidencia entre los 20 mejores individuos de cada descriptor versus los 20 mejores en rendimiento de fruta. El índice de repetitividad (**r**) indica la capacidad de control genético de la planta sobre cada variable.

Cuadro 9. Comparativo de coeficientes de correlación y similitud con rendimiento y repetitividad para 16 marcadores morfológicos en 43 progenies de camu-camu.

Marcadores	Correlacion con rendimiento.(r ²)	Similitud con rendimiento.(s)	Repetitividad (r)
Altplanta	0.316*	0.65	0.44
Numrambas	0.429*	0.35	0.36
Numbrotbas	0.130	0.50	0.18
Longpeciolo	-0.152	0.00	0.31
Longhoja	0.114	0.25	0.05
Anchohoja	- 0.150 *	0.30	0.06
Numtotfrut	0.238 **	1.00	0.17
Pespromfrut	0.301 **	0.60	0.30
%cascara	- 0.183 **	0.70	0.18
%semilla	0.510	0.60	0.20
%pulpa	0.540	0.50	0.24
Brix	0.139	0.45	0.38
pH	- 0.207	0.45	0.15
Ac.ascorb.	0.241 *	0.35	0.08
%fratacgorg	0.125	0.45	0.09
Rendimiento	1.000	1.00	0.19

Indice Pearson: * significativo ($\alpha=0.05$) **altamente significativo ($\alpha=0.01$)

Discusión

El rango de rendimiento de 1.6 a 2.4 Kg.planta⁻¹ (Figura 1), de fruta fresca para los diez mejores individuos entre 43 progenies de camu-camu evaluadas luego de 4 años de la plantación y segundo año de fructificación, se ubica dentro de los rangos esperados para plantas de máxima producción (Pinedo et al., 2010). En la Figura 2, se presenta las tendencias máximas y promedio del rendimiento de fruta de camu-camu desde el tercer año hasta el sexto año luego de la plantación.

En el tercer año la cosecha fue muy reducida, alrededor de 10 g de fruta /planta. Esto tiene relación a su vez con el bajo porcentaje de plantas que iniciaron fructificación (alrededor del 10% del total de plantas evaluadas). Cantidad inferior a lo mostrado por clones (Pinedo et al. 2017) que al tercer año el 25% de plantas empezaron a fructificar. En la figura 4 se presenta la tendencia de inicio de fructificación que se inicia al tercer año de la plantación con 10% de las plantas. El amplio incremento registrado en el cuarto año contrasta con la reducción hasta 50% presentado en los últimos dos años.

Esto se atribuye a factores ambientales adversos y que se relacionan con la presencia de plagas y minimización de desarrollo de las ramas fructíferas. Se destaca el hecho de que no se aplican técnicas agronómicas a fin de favorecer la expresión genética. Para el caso de clones (Pinedo et al. 2017) la tendencia en cuanto a rendimiento de fruta en el largo

plazo fue muy similar; por lo que no se evidencio que las plantas propagadas por estacas mostrarían rendimientos superiores. Como por ejemplo lo mostro Mathews et al. (2006) para camu-camu en los primeros 3 años de desarrollo.

Para seleccionar según la producción de fruta, Almeida et al.,(2014) evaluo el desarrollo inicial de plantas seleccionadas por su alto contenido de ácido ascórbico (≥ 3000 mg/100g). Sobre la base de parámetros iniciales de crecimiento e inicio precoz de fructificación (18 meses de la plantación) recomendó cuatro individuos de la población UAT. Sin embargo observo que presentaban altos valores de parámetros vegetativos para los primeros tres años, no presentaron altos niveles de producción de fruta. Esta contradicción dejo dudas sobre la aplicabilidad de la evaluación temprana para predecir la productividad mediante descriptores vegetativos (diámetro basal del tallo, altura de planta, número de brotes basales).

Se aprecia en la Figura 3 que el peso promedio de la fruta se incrementa ligeramente con la edad de la planta en los primeros tres años de cosecha, tendencia que al parecer cambia hacia menores niveles en el cuarto año de cosecha. El rango es amplio entre 2 y 14 g. y el promedio se mantiene en el nivel habitual de 8 g (Pinedo et al. 2001).

En cuanto al análisis de repetitividad para el carácter “peso promedio de fruto” el coeficiente r alcanza un valor de $r=0.303$ al inicio y $r_m=0.635$ a la cuarta cosecha. Como puede verse, el coeficiente mejora con la repetición de mediciones hasta alcanzar en la cuarta medición o año el valor de $r_m=0.635071$, precisión de 0.797 y eficiencia de 1.4473. El orden de méritos para este carácter coloca en primer lugar al individuo de la progenie Clon64-9 con 10.128 g que supera ligeramente el valor del ideotipo establecido en el Plan de mejoramiento genético (Pinedo et al. 2004). Para esta variable, Pinedo et al. (2014) encontraron con 3 cosechas un $r=0.083$ para material precoz, una capacidad de control genético bastante inferior, la que al cuarto año alcanzo un $r_m=0.268$. Explicable por el mayor avance en cuanto a selección de la mayoría de las 43 progenies evaluadas. Sin embargo para el caso de los 37 clones evaluados, Pinedo et al. (2017) calcularon para “peso promedio de fruto” un destacable valor de $r=0.690$, que al cuarto año alcanzaba un extremo valor superior de $r_m=0.899$ que permitia una precisión de 0.948. En este caso la media mejorada alcanzo un valor similar a este ensayo de 43 progenies de 10.041 g.

Se muestran en el Cuadro 3 los resultados del análisis de repetitividad para el descriptor más importante de “rendimiento de fruta” incluyendo ceros cuyo nivel alcanza un valor intermedio ($r=0.189$) que a la cuarta cosecha alcanzo un $r_m=0.48$ con una precisión de $A_{cm}=0.694$. Para material tambien de la Amazonia Peruana Oliva & Chura (2010) encontraron valores prácticamente iguales a los nuestros. Con cuatro cosechas de 28 procedencias y 770 plantas, encontraron una repetitividad individual para el rendimiento de frutos de $r=0.19$ que a la cuarta cosecha fue de $r_m=0.49$ con exactitud selectiva de 0.70. Según estos autores, a partir de esta estimación se puede inferir que la heredabilidad del carácter producción es 0.16, considerada moderada Tal como indica Falconer (1989), la estimativa de repetitividad es muy importante porque impone un límite superior al valor de la heredabilidad en el sentido amplio.

Para el caso del rendimiento de fruta de 37 clones de camu-camu, Pinedo et al. (2017) encontraron un valor comparativamente inferior de $r=0.117$ que a la quinta cosecha llego a $r_m=0.398$ con una precisión de 63%. Aquí también se atribuye tal inferioridad al menor avance en términos selectivos de dicho marcador.

Oliva & Chura (2010) calcularon además que para una exactitud de 77% en la selección con 59% de determinación, se debe evaluar 6 cosechas por planta. En cuanto a nuestros resultados para las 43 progenies avanzadas, a los 6 años se alcanzaría 76.37% de exactitud con una determinación de 58.33 % (Cuadro 3) lo cual se aproxima bastante a la proyección de los mencionados autores.

En la selección por rendimiento de fruta de 20 individuos (Cuadro 7) la población TT (Tigre-Tipishca) esta presente con seis individuos (F2) de los cuales tres son medias hermanas procedentes por la vía sexual de la TT0725 (F1) ocupando los tres primeros lugares y destaca el individuo TT0725 con tres medias hermanas presentes en el cuadro de méritos. La superioridad de esta planta (procedente del río Tigre, quebrada Tipishca) fue notoria inclusive en la colección de donde proviene inicialmente; mostro capacidad para transmitir alto rendimiento de fruta a tres plantas descendientes.

Para los demás marcadores analizados (14 adicionales) se presenta el Cuadro 5 que resume los coeficientes de repetitividad, precisión y eficiencia, donde destaca por un mayor control genético la altura de planta ($r=0.44$) que 1 cuarto año alcanzo un valor de $r_m=0.611$ y que al decimo año alcanzaría un $r=10$. Otro descriptor importante por su potencial para selección indirecta es “longitud de peciolo” que al cuarto año alcanzo un $r_m=0.475$. En la Figura 5, destacan 5 marcadores de mayor control genético de los cuales los más predictivos por la posibilidad de evaluarlos en el corto plazo son “altura de planta” y “longitud de peciolo”.

Las inter-relaciones entre “rendimiento de fruta” y marcadores vegetativos de mayor capacidad predictiva y más fácilmente medibles (Cuadro 4) en combinación con los índices de repetitividad o heredabilidad permitirán elegir los descriptores prioritarios como criterios de selección. Al parecer, la relación “altura de planta”/“rendimiento de fruta” podría convertirse en una de las herramientas predictivas temprana para seleccionar individuos de alto rendimiento.

Encontramos un $r^2 = 0.316^*$ significativo (Cuadro 4) con la primera cosecha (año 2013), pero en los años sucesivos (2014, 2015 y 2016) la correlación fue de menor nivel y se volvió negativa. Probablemente esta tendencia obedece evolución en la arquitectura de la planta al transcurrir el tiempo. Por lo tanto esta correlación presenta una oportunidad para ser tomada en cuenta que podría estar en los 2 o 3 años después de la plantación. Otros investigadores del camu-camu encontraron también, correlación significativa entre estos dos descriptores para 5 clones en el caso de Pinedo, S et al., (2011) con un $r^2=0.142^*$ y altamente significativa entre plantas de diferente edad y localidades con un $r^2=0.62^{**}$ investigado por Oliva (2002).

También resulta importante la correlación significativa negativa entre “longitud de peciolo” y “ancho de hoja” con rendimiento del año 2016. Los valores fueron $r^2= - 0.152^*$ y

$r^2 = -0.150^*$ respectivamente. Analizando la consistencia de estas correlaciones de parámetros de la hoja y rendimientos podemos contar con la referencia de Pinedo et al., (2011) que encontró concomitantemente un valor relativamente alto (pero positivo) de $r^2=0.371$. Otra relación importante entre “longitud de peciolo” con “contenido de ácido ascórbico de la pulpa” fue puesta en evidencia por Paredes (2011) con un alto valor de $r^2=0.521^{**}$; sin embargo este resultado es contrastante con el obtenido por Pinedo, S. et al. (2011) con un $r^2=0.053$ muy bajo, probablemente porque en este caso se trató de 5 clones.

Las correlaciones de “ancho de hoja” y “longitud de hoja” con el “contenido de ácido ascórbico” mostraron en el presente ensayo (Cuadro 4) correlaciones significativas de $r^2=0.204^*$ y $r^2=0.212^*$, por lo que es importante poner la atención en estos parámetros en evaluaciones futuras.

En cuanto a las selecciones computarizadas aplicadas, se aplicó un sencillo análisis de similaridad entre el listado de 20 mejores plantas de los 16 marcadores, a fin de corroborar los análisis de correlación complementados con los de repetibilidad o heredabilidad. Este análisis de similaridad nos permitirá vislumbrar la validez de una selección indirecta y precoz.

Podría ser viable la selección indirecta de genotipos superiores de camu-camu mediante marcadores morfológicos vegetativos factibles de ser evaluados tempranamente, sumados a los cálculos de heredabilidad (repetitividad) y correlación con los caracteres de interés económico (en caso del camu-camu, el rendimiento de fruta). Esta estrategia es aludida por Vasconcelos & Vilela (2010) que proponen para casho (*Anacardium occidentale* L.) un sistema de “selección precoz intensiva”, basado en descriptores precoces y de alta heredabilidad. La estimación de repetitividad en la selección de árboles genéticamente superiores puede proveer una mejora en el uso de recursos, una precisión mayor en la evaluación y un menor tiempo en la obtención de nuevos cultivares de debido al acortamiento del ciclo de selección. Sin embargo, esta metodología no siempre es aplicable para tiempos muy cortos. Para el caso del cacao, según exponen, Dias & Kageyam (1998), la aplicación de dicho método se hace viable a partir del quinto año de la plantación.

El presente estudio nos mostró que los marcadores de mayor capacidad de control genético que estén igual o encima de $r=0.30$ son “peso promedio de frutos”, “grados brix”, “altura de planta”, “numero de ramas basales” y “longitud de peciolo”. De estos, los descriptores vegetativos son preferibles por su capacidad predictiva antes de contar con frutos. De modo que “altura de planta” y “longitud de peciolo” sería los valores aplicables para una selección indirecta y precoz. Valores de heredabilidad cercanos a $h^2=0.30$ fueron también encontrados por Dias & Resende (2001) para cacao y por Souza et al. (2002) para el caso del copoazu.

El análisis de los Cuadros 6 al 8 que incluyen 16 selecciones para el mismo número de marcadores morfológicos. De estas, consideramos a la selección por rendimiento de fruta como la más importante por su valor económico. A partir de esta información se

derivan la posibilidad de contar con material genético selecto fiable para cada marcador de los cuales podemos clasificar según su utilización en: a) De utilidad e interés directos tales como “rendimiento de fruta”, “numero total de frutos”, “contenido de ácido ascórbico”, “peso promedio de fruto”, “% de cascara”, “% de semilla” y “% de pulpa”; esto considerando que en los últimos años la cascara y semilla también son productos con demanda en el mercado de productos deshidratados conocidos como “harinas de camu-camu” b) De interés indirecto por su probable relación o interdependencia que puedan tener con los descriptores del rubro primero, es decir su grado de correlación. Ahí se consideran a los 9 descriptores restantes.

Sobre estas posibilidades y de los resultados obtenidos en el presente experimento sobre correlaciones, repetitividad y grado de similitud entre los descriptores, podemos profundizar el análisis para identificar herramientas útiles para la selección de genótipos superiores.

El descriptor “altura de planta” por tener una correlación significativa con rendimiento de fruta, ($r^2=0.316^*$) congruente con niveles altos de similitud ($s=0.65$) repetitividad ($r=0.44$) puede ser el mejor indicador que permita una selección indirecta y de valor predictivo aun en los primeros meses de edad de la planta. La discriminación por altura de planta, puede efectuarse favorablemente en el primer año de la plantación. Por la similitud con rendimiento ($s=0.70$) “% de cascara resulta también interesante, muestra además relación altamente significativa y negativa de $r^2= - 0.183^{**}$ resulta también interesante el “% de cascara”. Sin embargo para aplicar este predictor tendríamos que esperar la primera cosecha. Ya es conocido el valor muy bajo de la heredabilidad del ácido ascórbico ($r=0.08$) en el presente caso; pero se presenta una significativa correlación con rendimiento ($r^2=0.241^*$) por lo que se hace necesario enfatizar esta tendencia ensayando con suficiente número de clones a fin de calcular la heredabilidad en sentido amplio para un número grande de clones.

El producto principal del presente trabajo, tal como ya se menciona es la selección de plantas de alto rendimiento con un $r=0.19$ que al cuarto año de evaluación alcanzo un $rm=0.48$, precisión de 69% y una eficiencia de 1.59. Esta prueba de 43 progenies nos muestra un panorama diferente sobre el rendimiento de fruta en relación a las evaluaciones previas del material. Se observa que la progenie TT (Tigre- Tipishca) destaca con varias medias hermanas en cuanto a rendimiento de fruta. Se confirmó la menor capacidad productiva del testigo absoluto (T MIX) cuya procedencia fue de una muestra heterogénea de material de procedencia desconocida, la misma que no mostro buenos atributos confirmando su naturaleza más básica en términos de selección.

Conclusiones

Aplicando el programa SELEGEN (Reml/Blup) Modelo básico 63 y análisis de repetitividad de cuatro cosechas, se ha logrado un orden de méritos para cada descriptor, donde para “rendimiento de fruta” destaco nítidamente la población “Tipishca” del rio Tigre que ocupo 5 de los primeros 10 lugares de mérito a saber: TT0725-9, TT0812-5, TT0725-4, Pc0504-5, BMC1-8, Pc054-6, Clon64-8, Pc0504-8, TT0725-6, TT0812-3.

Una selección individual de los 10 primeros lugares de individuos plantas recombinantes naturales para “rendimiento/ peso de fruta” son TT0725-4 y Clon 64-8 y para recombinante triple “rendimiento/peso de fruta/acido ascórbico” el individuo Clon 64-8.

En cuanto a posibilidades de selección indirecta mediante el uso de cálculos de heredabilidad y correlacion el estudio nos mostro que los descriptores de mayor capacidad de control genético que estén igual o encima de $r=0.30$ son “peso promedio de frutos”, “grados brix”, “altura de planta”, “numero de ramas basales” y “longitud de peciolo”.

De estos, los descriptores vegetativos son preferibles por su capacidad productiva antes ce contar con frutos. Sin embargo ademas de los criterios de heredabilidad y correlacion se propone el criterio de similitud. Para nuevos trabajos, se considera que la variable “altura de planta” es la más adecuada para predecir el rendimiento.

Agradecimiento

Expresamos nuestra gratitud a CAPES y CNP por el financiamiento para el primer autor de la investigacion y a CNPq por la donacion por productividad al investigador Edvan Chagas. Asi mismo, al IIAP por apoyar el desarrollo de la investigacion sobre camu-camu y la capacitacion a nivel de Doctorado del autor.

Referencias

- Almeida, Luis Felipe Paes de. Avaliação do desenvolvimento inicial de acessos de camu-camu (*Myrciariadubia* (Kunth) McVaugh) em diferentes condições edafoclimáticas no estado de Roraima. Tese (Doutorado). INPA, Manaus, 2014. 80 p.
- Couturier, G., H. Inga & E. Tanchiva. 1992. Insectos fitófagos que viven en [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] (Myrtaceae) frutal amazónico de la región Amazónica. *Folia Amazónica* 4: 19-35.
- Chang, C.A. El camu-camu: Aspectos Químicos, Farmacologicos y Tecnologicos. ICA. Peru. 125 p. 2013.
- Delgado, C. & G. Couturier. 2004. Manejo de insectos plagas en la Amazonía: su aplicación en camu-camu. IIAP- Iquitos. IRD- Francia. Lima, Perú. 147 pp.
- Dias, S.L.A.; Kageyam, Y.P. Repeatability and minimum harvest period of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Southern Bahia, *Euphytica* 102: 29–35, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 1998.
- Dias, L. A. Dos S.; Resende, M. D. V. Estratégias E Métodos De Seleção. In Dias, L.A. Dos S. (Org.). Melhoramento Genético Do Cacaueiro. Viçosa: Funape, 2001b. P. 217-287.
- Falconer, D.S. Introduction to quantitative genetics. London: Scientific and technical Press. 1989. 438 p.
- Imán C. Sixto. 2000. Cultivo de camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] H.B.K. en la región de Loreto. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Manual N° 01. Iquitos, Perú.
- Mathews, D.J.P.; Yuyama, K., Revilla, C.J. Does A Greater Number of Branches Improve Initial Fruit Production In Camu-camu? A Test under Different Types of Plantations and Cropping Management. *Fruits*, V.71, N.1, P.7, 2016.
- Oliva; C.C.; Resende, M. D. V. D. Mejoramiento genético y tasa de autofecundación del Camu-camu arbustivo en la Amazonia peruana. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, n. 2, p. 450-454. 2008.
- Oliva, Cruz Carlos; Chura, Chuquija Julian. Selección Genética Computarizada, a partir del Banco de germoplasma [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] camu-camu arbustivo, de la EE-San Roque-INIA Loreto, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Molina- Escuela de Post Grado “Mejoramiento Genético de Plantas”. 2010. 7p.
- Oliva, C. C. (2002). Evaluation of the productivity of camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh]. Thesis Eng. Agr. National University of the Peruvian Amazon. p. 102.
- Paredes SD (2011). Comparison of 37 clones of camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] in Loreto in the sixth year of installation. Thesis Eng. National University of the Peruvian Amazon. p. 113.

- Paredes, D. E.; Pinedo, P. M. 2013a. Informe Técnico. Evaluación de 61 Introducciones de Germoplasma de Camu-camu de la Colección Básica Curaray – Tahuayo, (CESM-IIAP) en Loreto. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú 17 pp.
- Paredes, D. E.; Pinedo, P. M. 2013b. Informe Técnico. Selección preliminar de plantas superiores en comparativo de 43 progenies de camu-camu en suelo inundable del río Amazonas, Loreto-Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú 79 pp.
- Paredes, D. E. (2011). Comparison of 37 clones of camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] in Loreto in the sixth year of installation. Thesis Eng. National University of the Peruvian Amazon. p. 113.
- Pinedo, P.M., Alves, Ch.E., Paredes, D.E., Abanto, R.C., Bardales, L.R. Cardoso, Ch. P. & Valdinar F.M.V. Selection of Superior Genotypes in 37 Clones of Camu-camu by Repetitvity Analysis. Journal of Agricultural Science; Vol. 9, No. 6; 2017 doi:10.5539/jas.v9n6p175 URL: ISSN 1916-9752 E-ISSN 1916-9760. Published by Canadian Center of Science and Education
- Pinedo, P.M.; Paredes, D.E.; Abanto, R.C.; Bardales, L.R. Alves. Ch.E. (2014). Selección temprana de plantas de [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh] camu-camu, en un ensayo de progenies de polinización abierta . Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Folia Amazonica Vol. 23 (1) 2014: 39 - 48
- Pinedo, P.M.; Riva, R.R.; Rengifo, S.E.; Delgado, V.C.; Villacres, V. J.; Gonzáles, C.A.; Inga, S.H.; López, U.A.; Farroñay, P.R. Vega, V.R. Linares, B.S. 2001. Sistema de producción de camu-camu en restinga. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú 141 pp.
- Pinedo, P.M.; Bardales, L.R. 2009. Comparativo de 108 progenies precoces de camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh]; Informe técnico a los 29 meses de la plantación. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú. 23 pp.
- Pinedo, M.; Delgado, C.; Farroñay, R.; Del Castillo, D.; Iman, S.; Villacres, J.; Fachin, L.; Oliva, C.; Abanto, C.; Bardales, R.; Vega, R. 2010. Camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh], *Myrtaceae*; Aportes para su aprovechamiento sostenible en la Amazonía Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú. 135 pp.
- Pinedo, P.M.; Paredes, D.E. Evaluación preliminar de 108 progenies precoces de camu-camu [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh], *Myrtaceae* en Loreto, Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Folia Amazónica Vol. 20 N° 1-2 2011:77-82.
- Pinedo, S. Iman, S. Pinedo, M. Vasquez, A. Collazos, H. Clonal trial of five genotypes of “camu-camu”, [*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh], in non-flooded area. African Journal of Plant Science. January 2011; 5(1) pp. 40 - 46
- Pinedo, P.M. 2013. Correlation and heritability analysis in breeding of camu-camu [*Myrciaria dúbia* (Kunth) McVaugh]. African Journal of Plant Science. Vol. 7(2), pp. 61-66. DOI: 10.5897/AJPS12.023

- Pinedo PM, Bardales LR, Guillen LI (2011). Evaluation of germplasm of camu-camu. Res. Institute Peruvian Amazon. p. 154.
- Pinedo, P.M.; Linares, B.C.; Mendoza, H.; Anguiz, R. 2004. Plan de Mejoramiento Genético de Camu-camu. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-IIAP. Iquitos. Peru. 52 P. 2004.
- Resende, M.D.V. 2007. SELEGEN-REML/BLUP. Sistema Estadístico de Selección Genética Computadorizada vía Modelos Lineares Mistos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Embrapa Floresta. 359.
- Souza, A.G.C.; Resende, M.D.V.; Silva, S.E.L.; Souza, N.R. The Cupuaçuzeiro Genetic Improvement Program at Embrapa Amazônia Ocidental. Crop Breeding And Applied Biotechnology, Londrina, v.2, n. 3, p. 471-478, 2002.
- Vasconcelos, C.J.; Vilela, R.M. 2010. Seleção precoce intensiva: uma nova estratégia para o programa de melhoramento genético do cajueiro. Ver. Bras. Frutic.V. 32. N. 4. P1279-1284
- Vilela, R. M. 2002. Genética Biométrica e Estatística no Melhoramento de Plantas Perenes. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília DF. 975 pp.

Considerações gerais

A análise estatística de repetitividade aplicado neste estudo (SELEGEN Reml/Blup) provou a sua aplicabilidade e complementariedade com outros métodos de selecção. Por isso, foi possível seleccionar plantas individuais que não foram detectadas pelo método aritmético ou testes comparativos convencionais de médias. Por outro lado, também a persistência foi observada por vários anos de avaliação de plantas e foram seleccionados aritmeticamente, que por sua vez foram validadas pelo programa de SELEGEN.

Em Capítulo 1, os resultados da análise são apresentados mostrando 5 métodos de análise de variância a saber convencional (1 e 2), de covariância, de correlação e estrutural, que foi co-variável mais viável. Normalmente, o número de medições necessárias nos outros quatro métodos para atingir valores superiores a 80% de repetibilidade são muito elevados e impraticáveis.

Foi observado para alguns casos, que as projecções em tempo ou número de medições, o coeficiente de repetibilidade calculado por SELEGEN são muito diferentes das medidas reais calculados. Por exemplo, no caso da produção de frutos com 5 medições (5 colheitas) projectos para 10 anos, um $r=0.061$. Mas aos 10 anos um r de 0.32 foi alcançado o qual significa que as projecções podem acumular muito erro.

Com o trabalho de avaliação e selecção foram seleccionadas plantas de acordo com 5 descritores: rendimento de fruto, peso do fruto, conteúdo de ácido ascórbico, precocidade e de incidência de fruta gorgulho (*Conotrachelus dubiae*). No total existem 132 indivíduos ou clones disponíveis para serem multiplicados com alta confiança. Entre eles estão sete indivíduos que têm mais de um descritor em níveis mais elevados, atingindo um de eles a combinar três descritores de interesse. Tener genótipos de recombinação natural facilitar o trabalho das hibridizações programadas atendidas no plano de melhoramento em andamento.

Em relação ao controlo genético, que o peso médio dos frutos está em primeiro lugar, seguido por rendimento de frutos e que, ao contrário o teor de ácido ascórbico ter baixa capacidade de hereditariedade.

Devido à sua elevada taxa de repetição destacaram os caracteres altura da planta, Brix, número de ramos basais, comprimento do pecíolo e peso médio dos frutos. Mas, como para a possibilidade de selecção indireta, de acordo com nossos resultados, o carácter altura da planta é mais viável e confiável para selecção preços de genótipos superiores. No entanto, tem maior variância e capacidade discriminante, cerca de dois anos de plantio.

Na análise, foi incorporado o índice de similaridade para comparar a superioridade segundo descritor vegetativo precos em relação a produção de frutos depois de vários anos de avaliação, resultando interessante para selecção indireta o caractere altura da planta com um nível de 65% similaridade, 44% de repetitividade e uma correlação significativa de 0,316.