

Repetibilidad del peso de masa foliar en progenies de polinización abierta de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.)

Leaf mass repeatability in yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) half-sib progeny trials.

Schoffen, Vanesa Carolina¹; Gauchat, María Elena²; Belaber, Ector Cesar²

¹EAA Cerro Azul, ²EAA Montecarlo

schoffen.vanesa@inta.gob.ar

Resumen

Los objetivos de este trabajo fueron estimar el coeficiente de repetibilidad para el carácter peso de masa foliar (*PMF*) y el número de cosechas necesarias para seleccionar individuos con precisiones entre 80 y 95% en ensayos de progenies de polinización abierta de yerba mate pertenecientes al programa de mejoramiento del INTA. El *PMF* fue evaluado durante tres años consecutivos en 10 ensayos, de los cuales fueron utilizados 6 ya que presentaron una correlación genética alta. Los componentes de varianza se estimaron mediante modelos mixtos utilizando un modelo de medidas repetidas. La repetibilidad estimada fue alta ($>0,6$) en 5 de los 6 ensayos analizados. Estos ensayos requieren en promedio 2, 3 y 6 cosechas para seleccionar con un 80%, 90% y 95% de precisión respectivamente, en cambio, el ensayo que presentó repetibilidades moderadas necesita más años de evaluación en todos los casos para seleccionar con estos niveles de precisión.

Palabras clave: *Ilex paraguariensis*, mejoramiento genético, repetibilidad

Abstract

The objectives of this study were to estimate the repeatability coefficient for leaf mass weight (*PMF*) and the number of harvests necessary to select individuals with accuracies between 80 and 95% in trials of yerba mate open-pollinated progenies from the INTA breeding program. The *PMF* was evaluated for three consecutive years in 10 trials, of which 6 were used because they had a high genetic correlation. Variance components were estimated using mixed models using a model of repeated measurements. Estimated repeatability was high (>0.6) in 5 of the 6 trials analyzed. These tests require on average 2, 3 and 6 harvests to select with 80%, 90% and 95% accuracy respectively, whereas the trial that presented moderate repeatability needs more years of evaluation in all cases to select with these levels of precision.

Keywords: *Ilex paraguariensis*, genetic improvement, repeatability

Introducción

En el mejoramiento de plantas perennes la selección puede basarse en mediciones repetidas sobre el mismo individuo a través del tiempo maximizando la eficiencia selectiva (Ferreira *et al.*, 2020). Las medidas repetidas hacen que la variación total se componga de las variaciones entre y dentro de individuos (Roberds y Strom, 2006). El coeficiente de repetibilidad es un parámetro poblacional que mide la capacidad de los organismos de repetir la expresión del carácter a través del tiempo. Este parámetro toma valores entre 0 y 1, 0 indica que la variación total se da dentro los individuos y 1 que dicha variación es entre los individuos (Roberds y Strom, 2006). Considerando el patrón de dos mediciones, Resende (2002) propone la siguiente clasificación para dicho coeficiente: alta repetibilidad ($r > 0,60$); repetibilidad media ($0,30 < r < 0,60$) y repetibilidad baja ($r < 0,30$). Valores altos de repetibilidad indican que es posible predecir el valor real de los individuos con un número relativamente pequeño de mediciones (Cornacchia *et al.*, 1995), lo que indica que habrá poca ganancia en precisión con el aumento del número de evaluaciones (Falconer, 1987). Sin embargo, cuando la repetibilidad es baja, será necesario repetir las evaluaciones para alcanzar un valor de precisión satisfactorio. En la bibliografía existen numerosos estudios de repetibilidad, por ejemplo, en pinus (Roberds y Strom, 2006), caucho (Gonsalves *et al.*, 1990), mango (Costa, 2003), yerba mate (Sturion y Resende 2001), acerola (Lopes *et al.*, 2001), coco (Farias Neto *et al.*, 2003), café (Mistro *et al.*, 2008) y en naranja dulce

(Negreiros *et al.*, 2008). Conocer el coeficiente de repetibilidad de las características de interés nos permite evaluar el tiempo y el trabajo necesarios para que la selección de individuos genéticamente superiores se realice con la precisión deseada por el investigador. Los objetivos de este trabajo fueron estimar el coeficiente de repetibilidad para el carácter peso de masa foliar (PMF) y el número de cosechas necesarias para seleccionar individuos con precisiones entre 80 y 95% en ensayos de progenies de polinización abierta de yerba mate pertenecientes al programa de mejoramiento del INTA.

Materiales y Métodos

El material genético corresponde a 241 familias de polinización abierta implantadas en 10 ensayos entre los años 1990 y 1996 en el Campo Anexo Cuartel Río Victoria perteneciente al INTA Cerro Azul, localizado en San Vicente, Misiones. Utilizando el método de cosecha de rama madura (Burtnik, 2003) se evaluó el carácter PMF de cada planta (kg.pl^{-1}) de los 10 ensayos durante los años 2017, 2018 y 2019. Según Resende (2002) una condición esencial para la estimación de la repetibilidad es que las mediciones repetidas presenten una correlación genética igual o cercana a 1 hecho que confirma que es el mismo carácter de una medición a otra. En consecuencia, este estudio abarcó 6 ensayos cuya correlación genética promedio fue mayor a 0,8 (Schoffen, 2021) quedando fuera de esta evaluación los restantes 4 ensayos. Los componentes de varianza se estimaron mediante la metodología de modelos mixtos REML/BLUP (Patterson y Thompson, 1971) utilizando el software R (R Core Team, 2019). El modelo de medidas repetidas incluyó efectos fijos de réplicas, procedencias, año de cosecha y efectos aleatorios de árbol, parcela y residuo. Las correlaciones entre las medidas repetidas de un mismo individuo no son constantes a través del tiempo. Las covarianzas de las mediciones más cercanas en el tiempo son más similares que las de los tiempos más distantes (Brady *et al.*, 2007). Sin embargo, como en este estudio se basó en tres años consecutivos, el modelo utilizado asumió una correlación constante entre las medidas repetidas de un mismo individuo. La repetibilidad (r) y el número de cosechas necesarias (m) para seleccionar con un determinado nivel de precisión se calcularon según las siguientes ecuaciones (Resende, 2002):

$$r = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_w^2}$$

donde $\hat{\sigma}_a^2$ corresponde a la varianza entre individuos y $\hat{\sigma}_w^2$ la varianza dentro individuos;

$$m = \frac{f(1-r)}{(1-f)r}$$

donde m es el número de mediciones, f es el nivel de precisión utilizado y r es el coeficiente de repetibilidad.

Resultados y Conclusiones

El coeficiente de repetibilidad (r) estimado entre pares de años de cosecha fue alto ($>0,6$) en 5 de los 6 ensayos analizados (YM36, YM37, YM48, YM49 y YM63) para todas las combinaciones de mediciones, excepto en el ensayo YM63 para la combinación C1xC2 que presentó una repetibilidad media ($r = 0,55$). El único ensayo que presentó una repetibilidad media para todas las combinaciones de mediciones utilizadas fue el YM59 (Tabla 1), sobre todo para la combinación C1xC2, el cual probablemente necesitará un mayor número de evaluaciones para alcanzar un valor de precisión satisfactorio.

El nivel adecuado de precisión a ser adoptado depende de la finalidad de la selección, cuando un grupo mayor de individuos es seleccionado para integrar ensayos de progenies, una precisión del 80% sería adecuada (Resende, 2002), ya que con una precisión de esa magnitud habrá ciertos cambios en el ranking de los mejores individuos de una cosecha a otra, pero el grupo de los mejores individuos no debería ser alterado significativamente. En este sentido, para un 80% de precisión de selección, los ensayos YM36, YM37 y YM49 requerirían una cosecha, el ensayo YM48 requeriría de 2 cosechas, el ensayo YM63 entre 2 y 3 cosechas, y el ensayo YM59 requeriría entre 3 y 5 cosechas. Sin embargo, para el establecimiento de un huerto semillero clonal la selección de individuos demandan una precisión próxima al 100% (Resende, 2002). En base a este estudio, la selección de individuos con un 95% de precisión requeriría 5 cosechas en los ensayos YM36, YM37 y YM49, entre 7 y 8 cosechas en el ensayo YM48, y más de 10 cosechas en los ensayos YM59 y YM63. Si necesitamos seleccionar individuos para huertos y para ensayos, un nivel de precisión del 90% sería adecuado. En este caso, se requerirían 2 cosechas en los ensayos YM36, YM37 y YM49; 4 cosechas en el ensayo YM48, y entre 5 a 7 cosechas en los ensayos YM59 y YM63. Si definiéramos el número de mediciones para todos los

ensayos en base a un promedio, necesitaríamos medirlos 4 veces para asegurarnos este nivel de precisión. En conclusión, los ensayos que presentaron repetibilidades altas, requieren en promedio 2, 3 y 6 cosechas para seleccionar con un 80%, 90% y 95% de precisión respectivamente, en cambio, el ensayo que presentó repetibilidades moderadas necesita más años de evaluación para seleccionar con estos niveles de precisión.

Tabla 1. Coeficiente de repetibilidad (r), número de cosechas necesarias (m) para seleccionar con un 80%, 90% y 95% de precisión (f).

Table 1. Repeatability coefficient (r), number of harvests required (m) to select with 80%, 90% and 95% accuracy (f).

Ensayos	Cosechas	r	$m (f=0,8)$	$m (f=0,9)$	$m (f=0,95)$
YM36	C1xC2	0,82	1	2	4
	C1xC3	0,78	1	3	5
	C2xC3	0,82	1	2	4
	C1xC2xC3	0,81	1	2	5
YM37	C1xC2	0,78	1	3	5
	C1xC3	0,79	1	2	5
	C2xC3	0,81	1	2	5
	C1xC2xC3	0,80	1	2	5
YM48	C1xC2	0,72	2	4	7
	C1xC3	0,69	2	4	8
	C2xC3	0,70	2	4	8
	C1xC2xC3	0,72	2	4	7
YM49	C1xC2	0,84	1	2	4
	C1xC3	0,82	1	2	4
	C2xC3	0,79	1	2	5
	C1xC2xC3	0,82	1	2	4
YM59	C1xC2	0,57	3	7	14
	C1xC3	0,47	5	10	21
	C2xC3	0,56	3	7	14
	C1xC2xC3	0,56	3	7	14
YM63	C1xC2	0,55	3	7	15
	C1xC3	0,66	2	5	10
	C2xC3	0,69	2	4	9
	C1xC2xC3	0,65	2	5	10

C1: PMF evaluado en 2017; C2: PMF evaluado en 2018 y C3: PMF evaluado en 2019

Bibliografía

- Brady T. West, Kathleen B. Welch and Andrzej T. Galecki 2007. *Linear Mixed Models: A Practical Guide Using Statistical Software*. Chapman & Hall/CRC, Taylor & Francis Group, LLC.
- Burtnik OJ. 2003. Manual del pequeño yerbatero correntino, INTA, AER Santo Tomé, Corrientes, Argentina, p, 58.
- Costa JG, Ledo AS, Oliveira MN. 1997. Estimativas de repetibilidade de características de frutos de cupuacuzeiro no estado do Acre, Revista Brasileira de Fruticultura, v,19, n 3, C, 313-318.
- Falconer DS. 1987. Introdução à genética quantitativa. Tradução de Silva MA, & Silva JC, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Imprensa Universitária, 279p.
- Farias Neto JT, Lins MC, Muller AA. 2003. Estimativa dos coeficientes de repetibilidade para producao de fruto e albumen sólido em coquero híbrido, pesquisa Agropecuaria Brasileira, Brasília, DF, v, 38, n, 10, C 1237-1241.
- Ferreira FM, de Carvalho Rocha JRAS, Alves RS. 2020. Estimates of repeatability coefficients and optimum number of measures for genetic selection of *Cynodon sCC*, *Euphytica* **216**, 70.
- Gonsalves CS, Cardoso M, Saes LA, 1990. Estimativas de repetibilidade na selecao de árvores de seringueira, pesquisa Agropecuaria Brasileira, Brasília, DF, v, 25, n, 7, C, 1031-1038.

- Mistro JC, Fasuoli LC, Guerreiro Filho O, Silvarolla MB, Toma-Braghini M. 2008. Determination of the number of years in Arabic coffee progenies selection through repeability, *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, n,8, C,79-84.
- Negreiros JRS, Saraiva LL, Oliveira TK, Álvares VS, Roncatto G. 2008. Estimativas de repetibilidade de caracteres de producao em laranjeiras-doce no Acre, *pesquisa Agropecuaria Brasileira*, Brasilia, DF, v,43, n,12, C 1763-1768.
- Lopes R, Bruckner CH, Cruz CD, Lopes MTG, Freitas GB. 2001. Repetibilidade de características do fruto de aceroleira, *pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasilia, DF, v,36, n,3, C, 507-513.
- Patterson HD y Thompson R. 1971. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika*, 58:545-554.
- R Core Team, 2019. R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL [http://www,R-Croject.org/](http://www.R-Croject.org/)
- Resende MDV, 2002. *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 975p.
- Roberds JH, Strom BL, 2006. Repeatability estimates for oleoresin yield measurements in three species of the southern pines. *Forest Ecology and Management*, Volume 228, Issues 1–3, pages 215-224, ISSN 0378-1127.
- Schoffen VC. 2021. Estimación de parámetros genéticos en la población de mejora de yerba mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) del INTA. Tesis para optar por el grado de magíster en genética vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. 77p.
- Sturion JA, Resende de MDV, 2011, Número necessário de safras para avaliar com eficiência o peso de biomassa foliar em erva-mate, *Documentos/Embrapa Florestas*, ISSN 1980-3958; 213.