

CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE ARROZ CRIOLLO: ESTADÍSTICAS MULTIVARIADAS EN TOABRÉ, COCLÉ, PANAMÁ¹

**Manuel Jiménez-Montero²; Ismael Camargo-Buitrago³; Carlos Saira-Atencio⁴;
Ulfrido Santos-Pineda⁵**

RESUMEN

En Panamá, el sistema tradicional de siembra de arroz criollo en el ciclo de producción 2018-2019 incluyó a 23 530 productores, con 25 550 ha sembradas, con una cosecha promedio de 2,28 t ha⁻¹. El objetivo fue caracterizar morfoagronómicamente 36 accesiones de arroz criollo de Toabré (Penonomé) y verificar su variabilidad genética mediante estadísticas multivariadas. El estudio se realizó en el Valle de San Miguel (Coordenadas: 08°47'49,6" N; 080°18'31,3" W), provincia de Coclé, Panamá. El material genético consistió en 36 accesiones colectadas entre productores de 15 comunidades de Toabré. La unidad experimental fue de 2 x 3 m (6 m²), con una separación entre surcos de 0,40 m y 0,30 m entre plantas. Fueron evaluadas características cuantitativas (12) y cualitativas (20). Las variables cuantitativas y cualitativas se graficaron en componentes principales. Las relaciones de similitud fueron determinadas por análisis de conglomerados, basados en distancia Euclidiana y agrupamiento UPGMA. Se generaron dendogramas con el agrupamiento UPGMA y la distancia de Gower. Se hizo el análisis combinado de las variables cuantitativas y cualitativas para la obtención de los dendogramas. Las características morfoagronómicas de las accesiones de arroz criollo colectadas mostraron la diversidad genética existente. Los análisis multivariados aplicados por separado a las variables cualitativas, a las cuantitativas y la combinación de ambas, permitieron agrupar las accesiones de arroz en grupos de similaridad. Los análisis de similaridad de las características cuantitativas, cualitativas y la combinación de ambas mostraron dendogramas con cinco agrupamientos, lo que sugiere que algunas accesiones que presentaron nombres diferentes de acuerdo con la comunidad de colecta parecen ser similares. Se concluye que la diversidad genética del arroz criollo del corregimiento de Toabré fue confirmada con la caracterización morfoagronómica mediante estadísticas multivariadas.

Palabras clave: Agrobiodiversidad, conglomerados, conservación *in situ*, relación de similitud, variación fenotípica.

¹Recepción: 13 de marzo de 2025. Aceptación: 28 de marzo de 2025. Este trabajo formó parte del Proyecto de Investigación "FID 17-064", financiado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT).

²Fundación Toabré. e-mail: jjimenezmm@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4386-9016>

³Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). e-mail: camargo.ismael@gmail.com;

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4199-0621>

⁴Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá. e-mail: carlossuira.10h.2012@gmail.com;

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0126-3008>

⁵IDIAP. e-mail: uspineda08@hotmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8255-7264>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

MORPHOAGRONOMIC CHARACTERIZATION OF CREOLE RICE: MULTIVARIATE STATISTICS IN TOABRÉ, COCLÉ, PANAMA

ABSTRACT

In Panama, the traditional planting system of landrace rice in the 2018-2019 production cycle involved 23 530 producers, with 25 550 ha planted with an average harvest of 2.28 t·ha⁻¹. The aim was to agronomically characterize 36 accessions of landraces rice from Toabré (Penonomé) and to verify their genetic variability through multivariate statistics. It was carried out in the San Miguel Valley, (Coordinates: 08°47'49.6" N; 080°18'31.3" W), Coclé province, Panama. The genetic material consisted of 36 accessions collected among farmers from 15 communities of Toabré. The experimental unit was 2 x 3 m (6 m²), with a separation between rows of 0.40 m and 0.30 m between plants. Quantitative (12) and qualitative (20) characteristics were evaluated. Similarity relationships were determined by cluster analysis, based on Euclidean distance; and UPGMA clustering. Dendrogram were generated with UPGMA clustering and Gower's distance. The combined analysis of the quantitative and qualitative variables was made to obtain a dendrogram. The morpho-agronomic characteristics of the collected landrace rice accessions showed the existing genetic diversity. The multivariate analyzes applied separately to the qualitative and quantitative variables and the combination of both, allowed the rice accessions to be grouped into groups of similarity. Similarity analyzes of the quantitative and qualitative characteristics and the combination of both showed dendrogram with five clusters, suggesting that some accessions that present different names according to the collecting community appear to be similar. The genetic diversity of the landrace rice of the Toabré district was confirmed with the morphoagronomic characterization by means of multivariate statistics.

Keywords: Agrobiodiversity, clusters, *in situ* conservation, phenotypic variation, similarity relationship.

INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los principales alimentos a nivel mundial, superado sólo por el trigo, entre los cereales más cultivados (Mvuyekure et al., 2018). Según el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 2018), en Panamá representa el principal alimento de la dieta con un consumo per cápita de 64,1 kg.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En el sistema de siembra tradicional el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2020) estimó que en el ciclo de producción 2018-2019, había 23 530 productores, con 25 550 hectáreas sembradas y una cosecha promedio de 2,28 t·ha⁻¹ (INEC, 2020). Es cultivado en las 10 provincias y comarcas, sobresalieron: Coclé (5 340 ha), Veraguas (3 830 ha), Panamá (3 660 ha), Darién (3 070) y en la Comarca Ngäbe-Buglé (3 850 ha). En la provincia de Coclé, donde se realizó el estudio, se obtuvo una producción global de 11 530 toneladas para un promedio de 2,16 t·ha⁻¹, muy similares al promedio nacional para este sistema de cultivo.

A pesar de la importancia relativa del arroz para los panameños pocas iniciativas se han dado para el rescate y/o conservación de este valioso germoplasma criollo (Torres-Vargas et al., 2017; Quirós et al., 2019), ni se ha explorado de forma exhaustiva la variabilidad genética de los mismos.

Estudios recientes sobre el origen y la domesticación del arroz señalan a la región del Himalaya y suroeste de la China, como Centros de Diversificación y Domesticación de la especie *O. sativa* (Acevedo et al., 2006). Su dispersión a nivel mundial, con la introducción del arroz al Occidente ocurrió aproximadamente 320 a.C., mientras que en América ocurrió en época poscolombina, traído por los colonizadores españoles, portugueses y holandeses (Acevedo et al., 2006).

Numerosos investigadores a nivel global han realizado estudios con el propósito de caracterizar a nivel morfoagronómico cultivares de arroces criollos, con las técnicas multivariadas como lo muestran los estudios de Islam et al. (2019), Mvuyekure et al. (2018) y Rawte & Saxena, 2018, entre otros, algunos con el propósito de caracterizarlos para preservarlos en bancos de germoplasmas, otros para utilizarlos como progenitores en programas de mejoramiento genéticos de arroz de algunas accesiones como tolerancia a estreses bióticos y abióticos.

A través del análisis de los componentes principales es posible determinar el grado de discriminación, y cuantificar la proporción de varianza explicada por cada variable original sobre los componentes seleccionados (Sinha & Mishra 2013; Tuhina-Khatun et al., 2015).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Con base en la importancia que tiene el germoplasma criollo en el futuro inmediato producto de la variabilidad climática se planificó este estudio con el objetivo de caracterizar morfo agronómicamente 36 accesiones de arroz criollo de Toabré (Penonomé) y verificar su variabilidad genética mediante estadísticas multivariadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó entre los meses de mayo de 2019 y marzo de 2020, en la comunidad del Valle de San Miguel, corregimiento de Toabré, distrito de Penonomé, provincia de Coclé, República de Panamá, Coordenadas: N 08°47'49.6; W 080°18'31.3; con una elevación de 163 msnm. En la Figura 1, se presenta la ubicación geográfica de la parcela que se utilizó para caracterizar los fenotipos de las 36 accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.).



Figura 1. Ubicación geográfica de la parcela en el Valle de San Miguel, para la caracterización morfoagronómica de 36 accesiones de arroz criollo. Adaptado de Mapa de la provincia de Coclé, República de Panamá (<https://mapas.owje.com/7510/cocle.html>) y Mapa de Panamá (<https://geomupa.maps.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>), 2019.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Origen del material genético evaluado

El material genético consistió en 36 accesiones de arroz criollo (Cuadro 1), fue colectado entre los productores que siembran arroz en las comunidades aledañas al Valle de San Miguel.

Cuadro 1. Origen de las 36 accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.) evaluados. Toabré - Penonomé, Coclé - Panamá, 2019.

Código de accesión	Nombre común	Comunidad de colecta	Corregimiento/ Distrito**
ACC-1	Colorado	V. S. Miguel ¹	T. / P. ³
ACC-3	Coiba blanco	V. S. Miguel ¹	T. / P. ³
ACC-4	Ocueño	B. S. Miguel ²	T. / P. ³
ACC-6	Chato colorado	B. S. Miguel ²	T. / P. ³
ACC-7	Llanero	B. S. Miguel ²	T. / P. ³
ACC-11	Chato colorado	Santa Ana	T. / P. ³
ACC-12	Colorado	Santa Ana	T. / P. ³
ACC-15	Chombo	Santa Ana	T. / P. ³
ACC-19	Plano	Banazo	T. / P. ³
ACC-23	Blanco	Bito	T. / P. ³
ACC-24	Uvo	Bito	T. / P. ³
ACC-26*	A. amarillo	Banazo	T. / P. ³
ACC-27	Lagueño	Banazo	T. / P. ³
ACC-28	Meret	Cañazas	T. / P. ³
ACC-29**	C. amarillo	Cañazas	T. / P. ³
ACC-32	Bella luna	Monte Bueno	T. / P. ³
ACC-33	Colorado criollo	Guayabo	T. / P. ³
ACC-36	Chato blanco	Cañazas	T. / P. ³
ACC-38	Chato colorado	Boca de Cuiria	T. / P. ³
ACC-40	Loreño	Guayabo	T. / P. ³
ACC-41	Diana	Gurbé	R. Indio / P ⁴ .
ACC-42	Guayaquil	Cañazas	T. / P. ³
ACC-43	Chato colorado	Cañazas	T. / P. ³
ACC-44	Brujo	Gurbé	R. Indio / P ⁴ .
ACC-46	Malverde	Gurbé	R. Indio / P ⁴ .
ACC-47	Colorado	Monte Bueno	T. / P. ³
ACC-48	Colorado	V. del Carmen	T. / P. ³
ACC-49	Loreño	Lourdes	T. / P. ³
ACC-52	Colorado	V. del Carmen	T. / P. ³
ACC-55	Chombo blanco	Gurbé	R. Indio / P ⁴ .
ACC-57	Fortuno blanco	Valle de Riecito	R. Indio / P ⁴ .
ACC-58	Plana blanco	Limón	T. / P. ³
ACC-59***	A. colorado	Limón	T. / P. ³
ACC-60	Petaca	Valle de Riecito	R. Indio / P ⁴ .
ACC-62	Carita	Los Elegidos	R. Indio / P ⁴ .

Nota: * ACC-26 Argentino amarillo; **ACC-29 Colombiano amarillo; *** ACC 35 y ACC-59 Argentino colorado.

¹ Valle San Miguel; ²Bajito San Miguel; ³Toabré-Penonomé; ⁴Río Indio Penonomé.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Siembra del experimento y manejo para la evaluación morfoagronómica

Las 36 accesiones de arroces criollos colectadas se establecieron en parcelas experimentales de 2x3 m (6 m²), separadas a un metro entre sí, con una separación entre surcos de 0,40 m y 0,30 m entre plantas, se sembró ocho semillas por hoyo, en un terreno prestado por uno de los productores colaboradores. La siembra se realizó con el sistema tradicional campesino, conocido popularmente como A CHUZO, que consiste en abrir con un espeque un hoyo a las distancias mencionadas y colocar la semilla. No se aplicó fertilizantes y no fue necesario el uso de insecticidas. El control de malezas se realizó de forma manual con machetes.

Evaluación de las características morfoagronómicas

Las accesiones fueron caracterizadas de acuerdo con los descriptores establecido por Bioversity International, International Rice Research & WARDA (2007), la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (2004), Muñoz Arguedas et al. (1993), en dos etapas: 1. Floración; 2. Maduración. Se empleó un muestreo no destructivo de las plantas, las cuales se etiquetaron al azar en la etapa de floración, se le registraron los descriptores de esta etapa fenológica, y en estas mismas plantas se registraron los descriptores del estado de maduración.

Características evaluadas

Las características morfoagronómicas evaluadas consistieron en 12 cuantitativas y 20 cualitativas, las cuales se evaluaron en las etapas de floración y maduración de las plantas (Cuadro 2).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de la caracterización morfoagronómica se analizaron utilizando el Software Estadístico INFOSTAT versión 2020, de acuerdo con los descriptores cualitativos y cuantitativos. Para las variables cualitativas se elaboró una tabla de frecuencias, se realizó el análisis de correlación para estimar el grado de asociación entre las variables, mediante la matriz de Spearman y con los atributos que presentaron variabilidad, se realizó un análisis de conglomerados, método que clasifica las accesiones en grupos relativamente homogéneos con base a alguna similitud existente entre ellas. Se



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

generó un dendograma empleando la forma de agrupamiento UPGMA y aplicando la distancia de Gower, usada para este tipo de variables nominales.

Cuadro 2. Características morfoagronómicas evaluadas en 36 accesiones de arroz criollo. Toabré - Penonomé, Coclé - Panamá, 2019.

Cualitativas	Abrev. Asig.	Cuantitativas	Abrev. Asig.
Días a floración:	FL (dds)	Hábito de crecimiento:	HCr
Longitud hoja bandera:	LHB (cm)	Forma de la lígula:	FL
Ancho de la hoja bandera:	AHB (cm)	Tipo de grano:	TG
Largo de la segunda hoja:	L 2da H (cm)	Color del ápice del grano:	CA
Ancho de la segunda hoja:	A 2da H (cm)	Color del estigma:	CEs
Largo de la lígula:	LL (cm)	Color de las glumas fértiles:	CGF
Días a madurez:	DM (dds)	Color del nudo:	CN
Largo de la espiga:	LE (cm)	Color del entrenudo:	Cent
Largo del grano:	LG (mm)	Color interno de la vaina de la hoja bandera:	CIV-HB
Ancho del grano:	AG (mm)	Color de las glumas estériles:	CGE-L
Grueso del grano:	GG (mm)	Color interno vaina de la segunda hoja:	CIV-2daH
Altura de la planta:	AP (cm)	Color de la vaina:	CV
		Color de las glumas estériles:	CGE
		Color de los entrenudos:	Cent
		Color de la base del tallo:	CBT
		Color de las glumas fértiles del grano apical de la panícula:	CGFGAP
		Color de la lígula:	CL
		Color de la cariósida:	CC
		Pubescencia de las glumas:	PG
		Vellosidad en la lamia de la segunda hoja:	VL-2da H
		Presencia de arista:	PA

Abrev. Asig. = Abreviatura asignada.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Para las variables cuantitativas se estimaron estadísticos descriptivos como: promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y límites de confianza ($p < 0,05$). Se realizó un análisis de correlación para estimar el grado de asociación entre las variables, mediante la matriz de Pearson. A partir de la matriz de correlación, se desprende el análisis de componentes principales (ACP), en donde se identificaron los descriptores que aportan el mayor porcentaje de variabilidad. Las variables cuantitativas se graficaron con los dos primeros componentes principales. Las relaciones de similitud fueron determinadas por el análisis de conglomerados, con base en la distancia Euclidiana al cuadrado como coeficiente de disimilitud; para la agrupación jerárquica se aplicó el método de agrupamiento UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean). Se hizo el análisis combinado de las variables cuantitativas y cualitativas para la obtención de un dendograma a partir del análisis de conglomerado jerárquico de las variables cualitativas y cuantitativas con el método de Ward y el coeficiente de similitud de Gower.

RESULTADOS

Análisis de correlación

La asociación de caracteres cuantitativos evaluados mediante la matriz de correlación de Pearson (datos no mostrados) permitieron considerar coeficientes significativos aquellos superiores a $\geq 0,51$ ($p \leq 0,05$), de acuerdo con Rojas (2003), Se considera que los coeficientes $> 0,40$ corresponden a asociaciones que representan patrones naturales de variación. Este análisis evidencia que existe correlación significativa positiva entre días a madurez y floración ($r=0,983$); entre la longitud de la hoja bandera y longitud de la 2da hoja (0,903); el ancho de la hoja bandera y el ancho de la 2da hoja (0,870); de la longitud de la espiga con el ancho de la 2da hoja (0,515) y con el ancho de la hoja bandera (0,615); la longitud de la espiga con la longitud del grano (0,521); el grosor del grano con el ancho (0,672); la altura de la planta con el ancho de la 2da hoja (0,546) y la altura de la planta con el ancho de la hoja bandera.

Para las variables cualitativas evaluadas se estimó el coeficiente de correlación de Spearman (datos no mostrados), en este caso se consideraron coeficientes significativos aquellos superiores $\geq 0,40$ ($p \leq 0,05$). Este análisis deja en evidencia la correlación entre el color del estigma y color del ápice (0,547), el color interno de la vaina de la hoja bandera



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

correlacionó de forma negativa con el hábito de crecimiento (-0,533); y el color de los nudos con el tipo de grano (0,402), el color de la base del tallo con el color de las glumas estériles (0,423), mientras el color del nudo correlacionó con el color del nudo (0,519), el color de las glumas fértiles del grano apical de la panícula con el color del de la lígula (0,405), el color de las glumas estériles con el color del entrenudo (0,407), color del cariósipside con el color del entrenudo (0,456) y la presencia de arista con el color del nudo (0,421).

Análisis de componentes principales (ACP) variables cuantitativas

Los resultados del análisis de los componentes principales basados en sus valores y vectores propios, y la varianza total explicada por cada uno de los componentes, se observa en el Cuadro 3. La varianza asociada con cada componente principal fue diferente y en orden decreciente. Se observó que el primer componente: días a floración (FL) que explicó el 31,10% de la varianza total, el segundo componente fue la longitud de segunda hoja (L2da H) explicó el 20,25%, luego el ancho de la segunda hoja (A 2da H) 15,14%, la longitud de la hoja bandera (LHB) 11,01% y así de forma sucesiva, hasta que toda la variabilidad quedó distribuida entre los 12 componentes.

Cuadro 3. Valores propios y proporción de la varianza explicada en el análisis de los componentes principales en la caracterización de accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.). Toabré - Penonomé, Coclé – Panamá, 2019.

Componentes Principales	Valores propios (λ_p)	Proporción de la varianza explicado	
		Absoluto (%)	Acumulado (%)
FL (dds)	3,739	31,10%	31,10%
L 2da H (cm)	2,430	20,25%	51,35%
A 2da H (cm)	1,816	15,14%	66,49%
LHB (cm)	1,321	11,01%	77,50%
AHB (cm)	0,906	7,55%	85,05%
LL (cm)	0,600	5,00%	90,06%
DM (dds)	0,502	4,19%	94,24%
LE (cm)	0,319	2,65%	96,90%
LG (mm)	0,211	1,76%	98,66%
AG (mm)	0,098	0,82%	99,48%
GG (mm)	0,052	0,43%	99,91%
AP (cm)	0,011	0,09%	100,00%



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

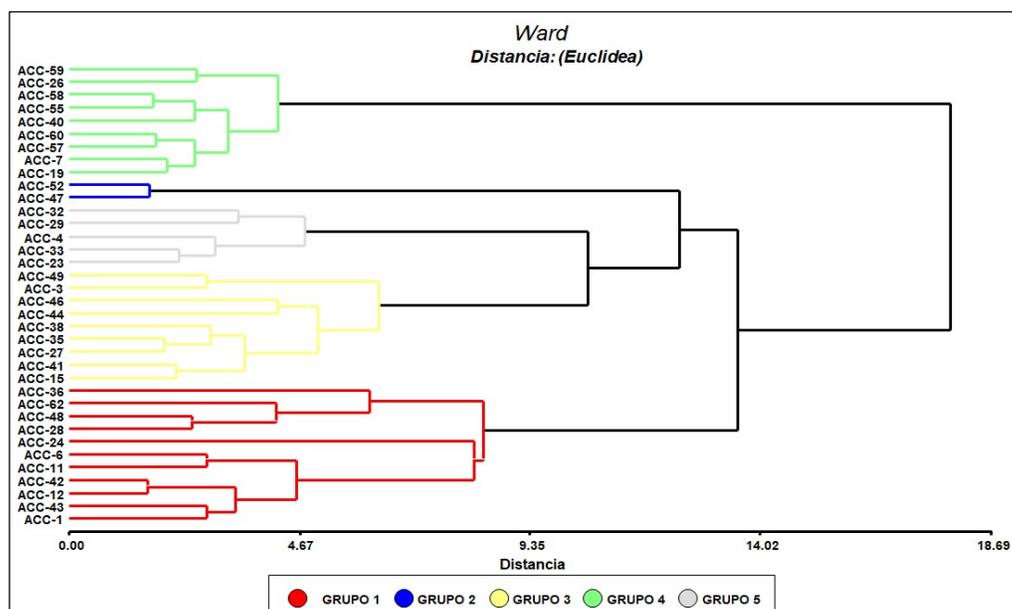


Figura 3. Dendrograma de 36 accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.), obtenido a partir del análisis de conglomerado jerárquico de 12 variables cuantitativas, con el método de Ward y la distancia Euclidiana. Toabré - Penonomé, Coclé - Panamá, 2019.

Mediante el análisis de conglomerado jerárquico de las accesiones, con el empleo de las variables cuantitativas, y el método de Ward y la distancia Euclidiana, se obtuvo la formación de cinco grupos o conglomerados diferentes entre sí (MANOVA; $p < 0,0001$).

En el Grupo I: se concentraron 11 de las accesiones que representa el 31%, ellos se caracterizan por presentar valores superiores en el ancho del grano (AG) de 3,65 mm, el grosor del grano (GG) de 2,18 mm, así como también en su conjunto la longitud de grano (LG) más corto de 7,79 mm.

El Grupo II: con dos accesiones (6%) de la población se caracteriza por presentar día a la floración más precoz, 90 días después de siembra; presentan valores menores en la longitud de la 2da hoja (L-2daH) de 30 cm y longitud de la hoja bandera (LHB) 20,6 cm; por el contrario, presenta una altura de la planta (AP) de 186,50 cm, ubicada entre las más altas.

El Grupo III: reúne nueve accesiones (25%), presenta la mayor longitud de la hoja bandera (LHB) 53,96 cm, un valor intermedio en longitud de la espiga (LE) 34,96 cm.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El Grupo IV: agrupa nueve cultivares, es decir el 25%, estas se caracterizan por presentar los días de floración (DF) de manera tardía, 120 días después de siembra y la madurez a cosecha de 150 días, con relación a los otros grupos de conglomerado.

El Grupo V: el cual aglomera a cinco accesiones (14%) de la población, caracterizadas por presentar el ancho de la 2da hoja (A-2daH) más angosta 1,78 cm, y el largo de la lígula (LL) más pequeña 1,4 cm.

Análisis de componente principales para las variables cualitativas

La varianza asociada a cada componente principal fue diferente y decreció en orden. Los valores propios y la varianza total explicada para cada uno de los componentes principales, permitió establecer ocho factores con valores propios >1, que explican el 76,0% de la variabilidad total (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores propios y proporción de la varianza explicada en el análisis de los componentes principales en la caracterización de accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.). Toabré - Penonomé, Coclé - Panamá, 2019.

Componentes	Valores propios (λ_p)	Proporción de la varianza explicada	
		Absoluto (%)	Acumulado (%)
HCr	3,85	0,19	0,19
FL	2,55	0,13	0,32
TG	1,84	0,09	0,41
CA	1,73	0,09	0,50
CEs	1,54	0,08	0,57
CGF	1,45	0,07	0,65
CGE-L	1,21	0,06	0,71
CIV-HB	1,06	0,05	0,76
CIV-2daH	0,90	0,04	0,81
CV	0,81	0,04	0,85
CL	0,67	0,03	0,88
CN	0,53	0,03	0,91
Cent	0,48	0,02	0,93
CBT	0,42	0,02	0,95
CGFGAP	0,28	0,01	0,97
CGELL	0,26	0,01	0,98
CC	0,20	0,01	0,99
PG	0,10	0,01	0,99
VL-2daH	0,09	4,4E ⁻⁰³	1,00
PA	0,05	2,3E ⁻⁰³	1,00



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El primer componente, hábito de crecimiento (HCr), explica el 19% de la varianza total, la forma de la lígula (FL) explica el 13%, el tipo de grano (TG) 9%, el color del ápice (CA) el 9%, color del estigma (CEs) 8%, color de las glumas fértiles (CGF) 7,0%, color de las glumas estériles (CGE-L) 6,0%, color interno de la vaina de la hoja bandera 8CIV-HB) 5%; así de forma sucesiva, hasta que toda la variabilidad queda distribuida entre los 20 componentes.

En cuanto a las variables cualitativas al correlacionar las variables originales (Cuadro 4), con cuatro componentes principales del Cuadro 5, el primer componente principal explica el 19% de la variabilidad total, donde las variables con mayor contribución fueron color de la vaina CV (0,52), color del nudo CN (0,57), color del entrenudo CEnt (0,66), color de glumas fértiles del grano apical CGFGAP (0,64), y color de glumas estériles CGII (0,68). Con una correlación cofenética de 0,905, altamente significativa.

Cuadro 5. Correlación entre las variables originales y los cuatro componentes principales en la caracterización de 36 accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.). Toabré - Penonomé, Coclé – Panamá, 2019.

Caracteres cualitativos	Siglas	Componentes Principales			
		CP-1	CP-2	CP-3	CP-4
Hábito de crecimiento	HCr	-0,19	0,58	-0,05	-0,28
Forma de la lígula	FL	-0,52	-0,04	-0,48	0,04
Tipo de grano	TG	0,24	0,15	-0,11	0,57
Color del ápice	CA	0,47	0,38	-0,28	-0,20
Color del estigma	CEs	0,52	0,57	0,11	-0,25
Color de las glumas fértiles	CGF	0,11	0,59	0,11	0,30
Color de las glumas estériles	CGE-L	0,49	0,06	0,57	-0,02
Color interno de la vaina (hoja bandera)	CIV-HB	0,20	-0,45	0,28	0,61
Color interno de la vaina de la 2da. hoja	CIV-2daH	0,11	-0,34	0,31	0,26
Color de la vaina	CV	0,52	3,8E ⁻⁰³	0,14	0,06
Color de la lígula	CL	0,53	-0,20	-0,39	0,20
Color del nudo	CN	0,57	-0,25	0,17	0,04
Color del entrenudo	CEnt	0,66	-0,14	-0,18	0,11
Color de la base del tallo	CBT	0,41	0,08	0,35	-0,34
Color de las glumas fértiles del grano apical	CGFGAP	0,64	0,25	-0,30	0,01
Color de las glumas estériles	CGE-II	0,68	1,8E ⁻⁰³	-0,46	-0,09
Color de la cariósida	CC	0,41	-0,47	-0,40	-0,07
Pubescencia de las glumas	PG	0,09	0,57	-0,02	0,49
Vellosidad de la lámina de la 2da. hoja	VL-2daH	0,02	0,48	0,22	0,28
Presencia de arista	PA	0,40	-0,28	0,34	-0,44

Correlación cofenética= 0,905.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El segundo componente principal explica el 13% de la variabilidad y las variables con mayor contribución en este componente corresponde al hábito de crecimiento HCr (0,58), color de las glumas fértiles CGF (0,59), color del estigma CEs (0,57), pubescencia de glumas PG (0,57) y de forma negativa el color de la cariósida CC (-0,47).

El tercer componente principal explica el 9,0% de la variabilidad, donde aportan variables como la forma de la lígula FL (-0,48) el color de las glumas estériles CGE-I (0,57).

El cuarto componente principal explicó el 9,0% de la variabilidad, en el cual se encuentran variables relacionadas con el tipo de grano TG (0,57), color interno de la vaina de la hoja bandera CIV-HB (0,61).

El análisis de conglomerado jerárquico de las accesiones, para las variables cualitativas (Figura 4), muestra la formación de cinco grupos.

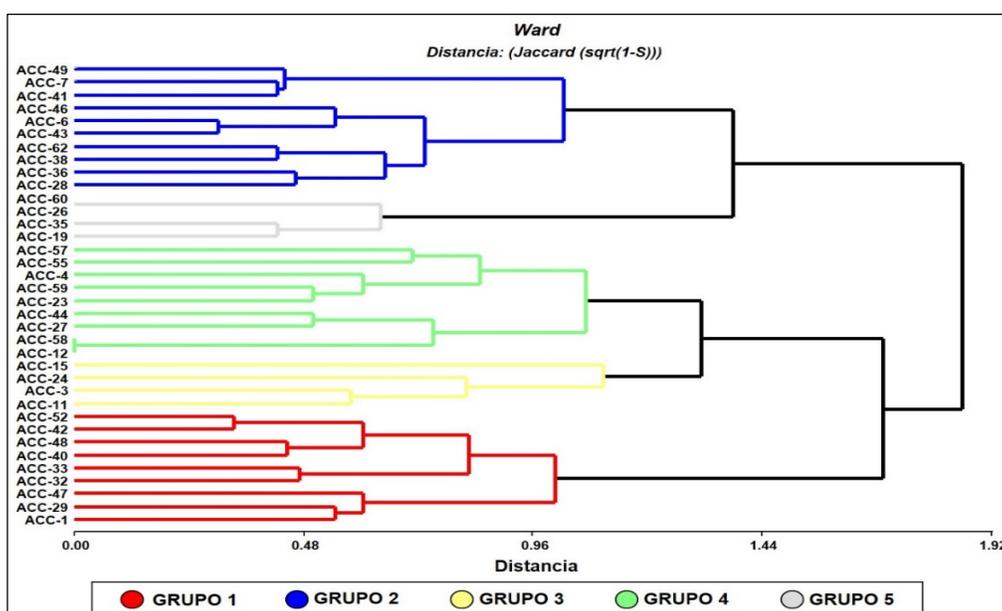


Figura 4. Dendrograma de 36 accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.) obtenido a partir del análisis de conglomerado jerárquico de 20 variables cualitativas, con el método de Ward y la distancia Jaccard. Toabré - Penonomé, Coclé - Panamá. 2019.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Los descriptores cualitativos que relaciona al grupo uno, con nueve accesiones (25%) se caracterizaron porque la mayoría de las accesiones presentaron forma hendida en la lígula, color verde pálido a amarillamiento de la gluma estériles, color del entrenudo verde amarilla, no posee arista.

El segundo grupo, con 10 accesiones (28%), presentaron grano de tipo índica, color amarillo en el ápice, verde amarillamiento en la base del tallo y cariósipide de color anaranjado.

El grupo tres agrupa cuatro accesiones (11%), y se caracterizó por presentar en las glumas fértiles del grano apical de la panícula color crema a crema oscuro, color blanquecino en el interno de la vaina de las hojas bandera, con tonalidades color verde a amarillo en el entrenudo.

El cuarto grupo con nueve accesiones (25%), presentó hábito de crecimiento erecto, color blanquecino del estigma, color purpura en el ápice y color crema a café claro en las glumas fértiles del grano apical de la panícula, se observó mucha similitud entre las accesiones 12 y 58.

Grupo cinco, conformado por cuatro accesiones (11%), y se caracterizó por presentar color verde pálido en la vaina interna de la segunda hoja, no mostró arista y sus granos del tipo índico.

Análisis de conglomerado jerárquico de las variables cuantitativas y cualitativas

El Dendograma obtenido de la combinación de los datos cuantitativos y cualitativos muestra la agrupación de las 36 accesiones en cinco grupos. Los grupos de conglomerado con más similitud son; el grupo 2 con el grupo 3 y el grupo 4 con el grupo 5 (Figura 5).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

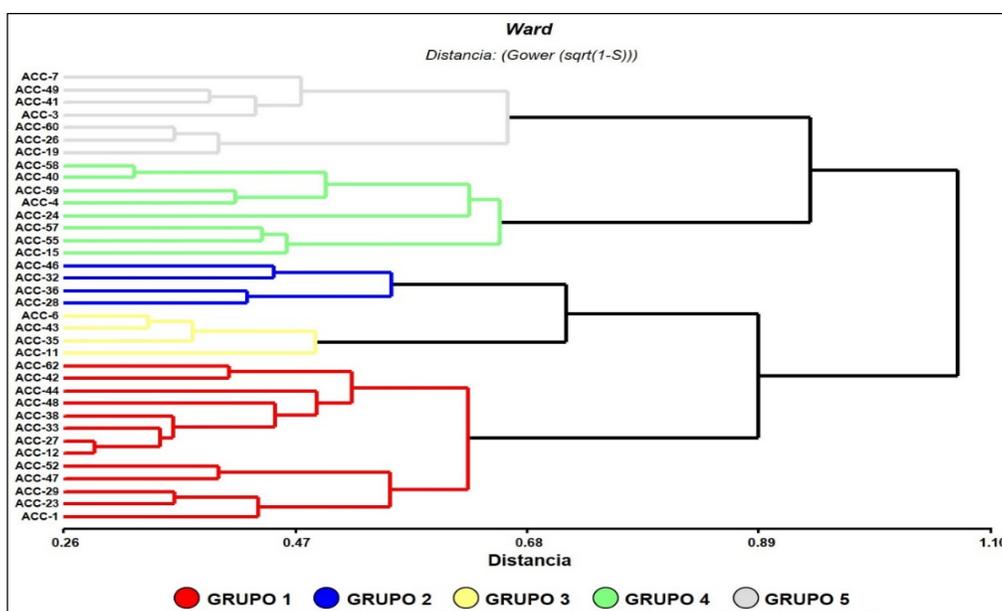


Figura 5. Dendrograma de 36 accesiones de arroz criollo (*Oryza sativa* L.) obtenido a partir del análisis de conglomerado jerárquico de las variables cualitativas y cuantitativas, con el método de Ward y el coeficiente de similitud de Gower. Toabré - Penonomé, Coclé - Panamá, 2019.

El Grupo 1: está dividido en tres sub grupo y conformado por el mayor número de accesiones (13), Colorado (ACC-1), Colorado (ACC-12), Blanco (ACC-23), Lagüeño (ACC-27), Colombiano amarillo (ACC-29), Colorado criollo (ACC-33), Chato colorado, (ACC-38), Guayaquil (ACC-42), Brujo (ACC-44), Colorado (ACC-47), Colorado (ACC-48), Colorado (ACC-52) y Carita (ACC-62), dentro del mismo hay mucha similitud de la accesión ACC-27 y ACC-12, lo que puede sugerir que puede tratarse del mismo genotipo o estar muy emparentados entre sí.

El Grupo 2: el cual se subdivide en dos subgrupos estuvo formado por cuatro accesiones, Meret (ACC-28), Bella luna (ACC-32), Chato blanco (ACC-36) y Mal verde (ACC-46).

El Grupo 3: estuvo formado por cuatro accesiones, Chato colorado (ACC-6), Chato colorado (ACC-11), Argentino colorado (ACC-35), y Chato colorado (ACC-43), las cuales se subdividen en dos subgrupos.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El Grupo 4: estuvo formado por ocho accesiones, Ocueño (ACC-4), Chombo (ACC-15), Uvo (ACC-24), Loreño (ACC-40), Chombo blanco (ACC-55), Fortuno blanco (ACC-57), Plana blanco (ACC-58), Argentino colorado (ACC-59), las cuales se subdividen en tres subgrupos.

El Grupo 5: estuvo formado por siete accesiones, Coiba blanco (ACC-3), Llanero (ACC-7), Plano (ACC-19), Argentino amarillo (ACC-26), Diana (ACC-41), Loreño (ACC-49), Y Petaca (ACC-60), las cuales se subdividen en dos subgrupos.

DISCUSIÓN

En el análisis de componentes principales (CP) indica que cuatro factores explican el 77,5% de la variación total, valor superior al obtenido por Tuhina-Khatun et al. (2015), cuatro CP explica cerca de 72%, otros estudios similares con cinco componentes explican 86,9%, 76,5%, 76,4% como se observan en los estudios de Sinha & Mishra (2013), Islam et al. (2018), respectivamente, considerando únicamente los componentes con valores propios > 1.

Estos valores varían con la composición genética del material evaluado, el número y tipo de variables evaluadas y las condiciones ambientales de acuerdo con Tuhina-Khatun et al. (2015). Los altos valores de la variación total explicada por los primeros cuatro componentes sugieren que estos contienen variables que discriminan bien las accesiones en estudio (Ligarreto, 2003).

Con respecto a las asociaciones entre las variables estudiadas en la Figura 2, ésta también es capaz de mostrar aquellas que nos están correlacionadas por su ubicación en cuadrantes opuestos, lo que indica que una variable no tiene nada que ver con las otras. Sin embargo, observamos que las variables Altura de Plantas (AP), Ancho de la hoja bandera (AHB), Longitud de grano (LG), y no está relacionada con el grosor del grano (GG) y ancho del grano (AG).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En el análisis de conglomerado ocho de las 12 variables cuantitativas más discriminatorias, originaron la formación de los cinco grupos o clúster: ancho, grosor y longitud del grano, ciclo precoz, ciclo tardío, la longitud de hojas y de la espiga. Mientras que el conglomerado de las 20 variables cualitativas evaluadas, 18 fueron capaces de agrupar las 36 accesiones en cinco clústeres. El mayor peso de las variables cualitativas en la formación de los agrupamientos se puede dar debido a la mayor estabilidad de éstas, que son menos influenciadas por el ambiente, a diferencia de las cuantitativas. Numerosos investigadores (Morejón & Díaz, 2006; Streck et al., 2017; Tuhina-Khatun et al., 2015) destacan la importancia de estos agrupamientos para los estudios de diversidad morfoagronómicas.

Los valores propios, indican la contribución ponderada de estos componentes en la estimación de la variabilidad de las accesiones estudiadas (Rojas, 2003). Cuando el coeficiente de correlación cofenética es mayor a 0,9 este puede ser interpretado, como el de un ajuste muy bueno, es decir, existe una clara estructura jerárquica entre los objetos de estudio Zambrano et al. (2003); Streck et al. (2017).

El análisis combinado de las variables cuantitativas y cualitativas por métodos multivariados ayuda a visualizar con mayor amplitud la variabilidad genética y permite su utilización en programas de mejoramiento genético y en la identificación de descriptores confiables para caracterizar las accesiones (Ligarreto, 2003).

El análisis combinado de los datos cualitativos y cuantitativos agrupó las 36 accesiones de arroz en cinco grupos, que indican la similaridad intra e inter-grupo que ayudaran a discernir sobre la variabilidad genética real del germoplasma; con un coeficiente de similaridad de 1,08, resultados que coinciden con los obtenidos por Tuhina-Khatun et al. (2015) y Correa-Álvarez et al. (2019).

De manera general, este estudio reveló la existencia de variabilidad entre el germoplasma evaluado, resultados similares obtuvieron Díaz & Morejón, 2000.

El estudio dejó en evidencia que características cualitativas como el hábito de crecimiento, forma de la lígula, tipo de grano, color del estigma, color de las glumas fértiles,



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

color de las glumas estériles, color interno de la vaina de la hoja bandera, estuvieron entre las variables con más peso para aportar a la varianza total, en la clasificación de las accesiones en los diferentes grupos o conglomerados, hecho similar ocurrió con las variables cuantitativas, tales como días a floración, longitud de la hoja bandera, longitud, ancho y espesor del grano, altura de planta.

CONCLUSIÓN

- La caracterización morfoagronómica complementadas con los análisis multivariados aplicados a las variables cualitativas y cuantitativas de las 36 accesiones estudiadas fueron una herramienta determinante para dejar en evidencia la diversidad genética de los arroces criollos del corregimiento de Toabré, provincia de Coclé, Panamá.

REFERENCIAS

Acevedo, M. A., Castrillo, W. A., & Belmonte, U. C. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, 56(2), 151-170.

https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001

Bioversity International, International Rice Research, & WARDA. (2007). *Descriptors for wild and cultivated rice (Oryza spp.)*. Bioversity International. 72p.

<https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/7bea3e09-b6f6-4d3a-bd61-3e73fd51f68f/content>

Correa-Álvarez, E. M., León-Pacheco, R. I., Lobato-Ureche, M. A., García-Dávila, M. A., Muñoz-Perea, C. G., & Aramendiz-Tatis, H. (2019). Caracterización morfoagronómica de la colección de germoplasma de ají dulce (*Capsicum* spp.) del Caribe colombiano. *Temas Agrarios*, 24(2), 81-95.

<https://doi.org/10.21897/rta.v24i2.1998>

Díaz, S. H., Castro, R., & Morejón, R. (2000). Caracterización morfoagronómica de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 21(3), 81-86.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215152014>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2020). Superficie sembrada y cosecha de arroz en la república, por método de siembra utilizado y según provincia, comarca indígena y periodo de siembra: Año Agrícola 2018-2019.

https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=992&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=11

Islam, M., Akter, N., Chakrabarty, T., Bhuiya, A., Siddique, M., & Khalequzzaman, M. (2019). Agro-morphological Characterization and Genetic Diversity of Similar Named Aromatic Rice (*Oryza sativa* L.) Landraces of Bangladesh. *Bangladesh Rice Journal*, 22(1), 45–56. <https://doi.org/10.3329/brj.v22i1.41836>

Ligarreto, G. (2003). Análisis de la variabilidad genética en frijol. En T. L. Franco, y R. Hidalgo (Eds.), *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico N°. 8* (pp.40-49). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.

https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning_space/technicalbulletin8.pdf

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2018-2019). Dirección de Agricultura. Unidad de Planificación. Información General.

<https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2020/05/Cierre-Agr%C3%ADcola-2018-2019-2.pdf?csrt=6419987190275554775>

Morejón, R., & Díaz, S. H. (2006). Asociación de caracteres en genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) seleccionados para tolerancia a las bajas temperaturas. *Cultivos Tropicales*, 27(2), 77-80. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215872012>

Muñoz Arguedas, G., Giraldo Ávila, G., & Fernández de Soto, J. (1993). Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 167 p. (Publicación CIAT no. 177).

<https://cgspace.cgiar.org/items/ce485aaf-78c1-410e-bd9a-75ee1fc9f046>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Mvuyekure, S. M., Sibiya, J., Derera, J., Nzungize, J., & Nkima, G. (2018). Application of Principal Components Analysis for Selection of Parental Materials in Rice Breeding. *HSOA Journal of Genetics & Genomic Sciences*, 3(010).

<http://dx.doi.org/10.24966/GGS-2485/100010>

Quirós, E., Camargo, V. M., Camargo, R., Vergara, H., Sevillano, E., Alvarado, J., & Castillo O. (2019). *Descripción Varietal de seis cultivares criollos de arroz: S45C1, S49C3, S49C1, S12C1, S2C2 y S2C3*. Informe técnico para registro ante el Comité Nacional de Semillas. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. 12 pág.

Rawte, S. & Saxena, R. (2018). Morphological Characterization of Selected Rice (*Oryza sativa* L.) from Core Germplasm Group of Chhattisgarh Using DUS Descriptors. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 7(10), 350-357.

<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.710.037>

Rojas, W. (2003). Análisis de la variabilidad genética en quinua. En T. L. Franco, y R. Hidalgo (Eds.), *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín técnico N° 8* (pp.27-39). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.

https://cropgenebank.sgrp.cgiar.org/images/file/learning_space/technicalbulletin8.pdf

Sinha, A. K., & Mishra, P. K. (2013). Morphology based multivariate analysis of phenotypic diversity of landraces of rice (*Oryza sativa* L.) of Bankura district of West Bengal. *Journal of Crop and Weed*, 9(2), 115-121.

https://scholar.google.co.in/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=vo7pfuwAAAAJ&citation_for_view=vo7pfuwAAAAJ:lJCSpb-OGe4C

Streck, E. A., Aguiar, G. A., Magalhães, A. M. D., Facchinello, P. H. K., & Oliveira, A. C. D. (2017). Variabilidade fenotípica de genótipos de arroz irrigado via análise multivariada1. *Revista Ciência Agronômica*, 48, 101-109.

<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170011>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Torres-Vargas, L., Santamaría-Guerra, J., Salmerón, F., Mariano, I., Acosta, A., & Quintero, J. A. (2017). Recuperación y Selección Participativa de Cultivares de Arroz de la Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (27), 28-39. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/21>

Tuhina-Khatun, M., Hanafi, M. M., Rafii Yusop, M., Wong, M. Y., Salleh, F. M., & Ferdous, J. (2015). Genetic variation, heritability, and diversity analysis of upland rice (*Oryza sativa* L.) genotypes based on quantitative traits. *BioMed research international*, 2015, 290861. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/290861>

Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. (2004). Arroz (*Oryza sativa* L.) Directrices para la Ejecución del Examen de la Distinción, la Homogeneidad y la Estabilidad. https://www.upov.int/es/publications/tg-rom/tg016/tg_16_8.pdf

Zambrano, A. Y., Demey, J. R., Fuenmayor, F., Segovia, V. Y., & Gutiérrez, Z. (2003). Diversidad genética de una colección de yuca a través de marcadores moleculares RAPDS. *Agronomía Trop.*, 53(2). https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2003000200004

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT) por el apoyo financiero del proyecto “Evaluación y Selección Participativa de Arroces Criollos en Toabré, Provincia de Coclé, Panamá (proyecto FID 17-064)” y al Sistema Nacional de Investigación de Panamá (SNI).

A los productores campesinos de los corregimientos de Toabré y Río Indio de Coclé, quienes aportaron sus semillas y participaron de manera directa en la evaluación de las accesiones de arroz que han conservado a la fecha.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)