

Evaluación de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) de Vietnam, para su introducción en Cuba

Evaluation of rice cultivars (Oryza sativa L.) from Vietnam, for their introduction in Cuba

Noraida de J. Pérez León*, Guillermo Díaz López**,
Lienys Melkis Rodríguez Díaz*** y Teresa Hernández Pérez****

DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v25n1.107284

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la diversidad fenotípica de ocho cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) procedentes de Vietnam, para su introducción en los programas de mejora y en la producción en Cuba, apoyados en caracteres morfoagronómicos y técnicas de análisis multivariado, fue desarrollado este trabajo en la Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios”, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba. Los cultivares vietnamitas se sembraron en campo junto a los comerciales INCA LP-5 e INCA LP-7, para ser caracterizados agrónomicamente con la utilización de 29 descriptores cualitativos y 22 cuantitativos. Los resultados mostraron que 16 caracteres cualitativos resultaron homogéneos para los ocho cultivares procedentes de Vietnam y los dos cultivares comerciales cubanos, la asociación entre varios caracteres cuantitativos reafirma la influencia que ejercen algunos componentes sobre el rendimiento, los que son considerados como marcadores para la selección, tres cultivares de procedencia vietnamita (GL301, LCG3-4 y DS1) no pueden ser utilizados en la producción arrocera en Cuba, por su susceptibilidad a Tagosodes. Todos los cultivares mostraron resistencia a *Rhizoctonia solani* y *Sarocladium oryzae* y dos (GL 301 y LTH 31) fueron susceptibles a *Pyricularia grisea*. Los cultivares OM6976, OM5451 y OM8087 alcanzaron valores altos de rendimiento, por lo que pudieran ser utilizados, como progenitores en los programas de mejora, así como cultivares comerciales.

Palabras clave: fitomejoramiento, variabilidad genética, caracteres morfoagronómicos, descriptores, morfología, rendimiento.

ABSTRACT

With the objective of evaluating the phenotypic diversity of eight rice cultivars (*Oryza sativa* L.) from Vietnam, for their introduction in breeding programs and production in Cuba, supported by morphoagronomic characters and multivariate analysis techniques, this work was developed in Scientific and Technological Base Unit belonging to the National Agricultural Sciences Institute of Cuba. The Vietnamese cultivars were planted in the field together with the commercial cultivars INCA LP-5 and INCA LP-7, to be characterized agronomically with the use of 29 qualitative and 22 quantitative descriptors. The results showed that 16 qualitative characters were homogeneous for the eight cultivars from Vietnam and the two Cuban commercial cultivars, the association between various quantitative characters reaffirms the influence exerted by some components on yield, which are considered as markers for selection.

* Dra. C., Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. email: nory@inca.edu.cu , noraidadejesusperezleon@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4175-1682>

** MSc., Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. email: gdiaz@inca.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0001-9875-0317>

*** Ingeniera Agrónoma, Centro Universitario Municipio Los Palacios, Universidad de Pinar del Río, Cuba. email: lienysr1@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7731-2235>

**** MSc., Centro Universitario Municipio Los Palacios, Universidad de Pinar del Río, Cuba. email: teresahernandezperez60@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4179-2820>

Three cultivars of Vietnamese origin (GL301, LCG3-4 and DS1) cannot be used in Cuban rice production, due to their susceptibility to Tagosodes. All cultivars showed resistance to *Rhizoctonia solani* and *Sarocladium oryzae* and two (GL 301 and LTH 31) were susceptible to *Pyricularia grisea*. The OM6976, OM5451 and OM8087 cultivars reached high yield values, so they could be used as parents in breeding programs, as well as commercial cultivars.

Key words: plant breeding, genetic variability, morph agronomic characters, descriptors, morphology, yield.

Recibido: marzo 14 de 2023 **Aprobado:** junio 15 de 2023

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cereales de mayor producción a nivel mundial, es un alimento básico en muchos países (Sushmitharaj *et al.*, 2020; Villanueva *et al.*, 2020; Zúñiga y Carrodegua 2022) y en Cuba forma parte de la dieta obligada de su población. Aunque los programas de mejoramiento han desarrollado cultivares de mayor rendimiento, la estrecha base genética existente se cree es un obstáculo para continuar aumentando este carácter (Morejón y Díaz 2019).

En América Latina y el Caribe, donde Cuba no está exenta, el mejoramiento del cultivo ha dependido de una base genética estrecha y un alto grado de consanguinidad, lo que conlleva a una tasa más lenta de progreso genético y unido a la explotación comercial de un limitado número de cultivares, existe una alta uniformidad genética en campo que aumenta la vulnerabilidad a plagas y puede ser una barrera importante para elevar los rendimientos, lo cual es una de las principales prioridades para poder hacer frente a las necesidades de la creciente población humana (Berrio *et al.*, 2016).

Los programas de mejoramiento del arroz, en Cuba, se han sustentado principalmente en las hibridaciones, técnica mediante la cual, la Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios”, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba, obtuvo el cultivar 'INCA LP-5', el que se ha mantenido en áreas de producción por más de 20 años y se caracteriza por ser muy vigoroso, de ciclo vegetativo corto, excelente rendimiento agrícola e industrial y resistencia a plagas. Otros cultivares como INCA LP-7, Anays LP-14 y Ginés LP-18 obtenidos mediante las técnicas de cultivo *in vitro* de semillas, cultivo *in vitro* de anteras e inducción de mutaciones con protones, respectivamente, han mostrado resistencias a diversos estreses bióticos y abióticos y están presentes en áreas arroceras del país. Otra herramienta ampliamente utilizada ha sido la introducción de materiales foráneos (Pérez *et al.*, 2020).

Teniendo en cuenta todo lo antes expuesto se desarrolló el presente trabajo que tuvo como objetivo caracterizar ocho cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) procedentes de

Vietnam, para su introducción en los programas de mejora y en la producción en Cuba, lo que contribuirá a mejorar la diversidad del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en áreas de la Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios”, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), en condiciones de aniego, en la época del período poco lluvioso (frio) 2021 - 2022, fueron utilizados ocho cultivares de arroz (Tabla 1), procedentes de Vietnam (V1 al V8) y dos comerciales (INCA LP-5 e INCA LP-7), obtenidos mediante el programa de mejoramiento, desarrollado por investigadores del mencionado instituto.

Tabla 1. Cultivares procedentes de Vietnam evaluados junto a dos comerciales cubanos.

V1	LTH 31
V2	GL 301
V3	LCG 3-4
V4	OM 2517
V5	OM 5451
V6	OM 6976
V7	OM 8087
V8	DS 1
V9	INCA LP-5
V10	INCA LP-7

Las características de fertilidad química del suelo se presentan en la Tabla 2 y la clasificación, según Hernández 2015, fue Hidromórfico Gley Nodular Petroférrico.

En el mes de noviembre del 2021, siguiendo el procedimiento propuesto por Díaz y Castell (2015), la semilla de cada cultivar, individualmente, se sumergió en agua para eliminar toda la que no estaba bien formada, posteriormente se mantuvo en agua corriente de canales de riego, durante 24 horas, previo remojo con superfosfato

Tabla 2. Valores de la fertilidad química del suelo y pH en la localidad del estudio.

Indicadores	
Materia orgánica (%)	3,1
P ₂ O ₅ (mg.100 g de suelo ⁻¹)	12,3
K ₂ O (mg.100 g de suelo ⁻¹)	12,3
pH (en KCl y en H ₂ O)	6,3

triple, a razón de 500g por cada 100 kg de semilla. Pasado este tiempo se enjuagó, se sumergió nuevamente en agua durante 3 horas, a continuación, se mantuvo 12 horas tapada con paja y posteriormente se sembraron en bandejas. A continuación, se taparon con nylon 48 horas y posteriormente se llevaron al área de semillero.

Al quinto día, después de la siembra, se realizó una fertilización de forma manual, con una mezcla homogénea de urea y cloruro de potasio a razón de 7 y 4 g, respectivamente, por cada m² de área de semillero, lo que se repitió a los 10 y 15 días. Cinco días después se estableció lámina de agua permanente con una altura de 3 cm, hasta el décimo día en que subió a 6 cm y se mantuvo hasta el décimo sexto día en que se retiró la misma. Siempre antes de reponer la lámina de agua, se revisó el estado fitosanitario de las posturas en los canteros, en caso de aparición de plagas se procedió a su control químico.

Por su parte, el área para el trasplante, siguiendo las indicaciones del Instructivo técnico del cultivo (MINAG, 2020) fue fangueada con rotovator y antes del último pase se aplicó una fertilización de fondo que contenía 50 kg.ha⁻¹ de urea, 18 kg.ha⁻¹ de cloruro de potasio y 60 kg.ha⁻¹ de superfosfato triple.

A los 21 días posteriores a la germinación, las alfombras de posturas se sacaron de las bandejas se enrollaron y trasladaron al campo, allí se ubicaron en la máquina transplantadora para el trasplante.

Cada cultivar se trasplantó en franjas de 100 m², con 16 surcos separados a 30 cm, y 12 cm entre plantas, distancia necesaria para realizar una adecuada caracterización, así como realizar selecciones negativas de plantas diferentes, en caso de ser necesario. Las labores fitotécnicas se realizaron según las indicaciones establecidas en el Instructivo Técnico del Cultivo del Arroz (MINAG 2020).

Para completar la fertilización, con nitrógeno y potasio, los portadores se fraccionaron en dos momentos: 56 días después de la germinación y en el cambio de primordio, para lo cual se emplearon 112,5 y 87,5 kg.ha⁻¹ de urea y 18 y 24 kg.ha⁻¹ de cloruro de potasio, respectivamente.

Adicionalmente se realizaron dos aplicaciones de una mezcla del fertilizante CBFERT (1,4 L.ha⁻¹) con Quitomax (100 mL.ha⁻¹), a los 10 días después del trasplante y 10 días después de la última fertilización mineral.

Ante la presencia de la Chinche (*Oebalus insularis*), se aplicó el insecticida Cyperkill 25 EC (Cipermetrina 25% EC) con una dosis de 1 L.ha⁻¹ y un fungicida, Dominio 25 EC (Difenoconazol 25% p/v 250g/L) a razón de 0,6 L.ha⁻¹, con acción preventiva para protección de la panícula.

En cinco plantas por cultivar fueron evaluados descriptores cualitativos y cuantitativos propuestos por el IRRI (2002), así como granos llenos y granos totales por panícula; por su parte en cinco muestras de 1m² se contaron las panículas y fue evaluado el rendimiento agrícola (t.ha⁻¹). El ciclo se evaluó en días, desde la germinación a la maduración, para la parcela en general.

A los 45 y 75 días después de germinado (ddg) el arroz, teniendo en cuenta las escalas propuestas por el IRRI (2002) y mediante la fórmula (Townsend y Heuberger, 1943) se evaluó la severidad de las enfermedades Tizón de la vaina (*Rhizotocnia solani*), Helminthosporiosis (*Helminthosporium oryzae*), Piriculariosis (*Pyricularia grisea*), Cercosporiosis (*Cercospora oryzae*) y Podredumbre de la vaina (*Sarocladium oryzae*). (Townsend y Heuberger, 1943)

$$S = \left(\frac{\sum a * b}{N * K} \right) * 100$$

donde:

S- Severidad

∑ (a.b).- Sumatoria de los productos del número de órganos o plantas con síntomas (a) por su correspondiente grado de la escala (b)

N- Número total de plantas observadas

K- Mayor grado de la escala

En el Instituto de Investigaciones de Granos se evaluó la resistencia frente a *Tagosodes orizicolus* (Muir) (Sogata) según la metodología desarrollada por el CIAT y que detallan García *et al.* (2014).

Todos los caracteres cuantitativos fueron procesados mediante análisis de varianza, excepto el ciclo, además se realizó un análisis de correlación múltiple con los datos obtenidos para la longitud de la hoja bandera, ancho de la hoja bandera, longitud de la hoja por debajo de la hoja bandera, ancho de la hoja por debajo de la hoja bandera, altura de la planta, longitud, ancho y espesor del grano, longitud de la panícula, granos llenos y

totales por panícula, masa de 1000 granos, panículas por metro cuadrado y el rendimiento agrícola.

Con los datos obtenidos de cada enfermedad, se realizó un análisis de varianza simple y las medias se docimaron mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan, con un nivel de significación de 0,05. Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 22 sobre Windows.

RESULTADOS Y DISCUSION

De los 29 caracteres cualitativos evaluados 16 resultaron homogéneos (Tabla 3) para los ocho cultivares procedentes de Vietnam y los dos cultivares comerciales cubanos, todos presentan, lema y palea, de color verde pálido y parcial o totalmente cubiertas con vello corto, glumas de color blanquecino, lígula hendida, hojas verdes y granos de color paja, además, son resistentes al acame, insensibles al fotoperíodo y las panículas son compactas y bien emergidas.

Caracteres tales como resistencia al acame, insensibilidad al fotoperíodo, panículas compactas y bien emergidas, generalmente son objetivos del proceso de mejora, de ahí el hecho de que no existe variabilidad para ellos dentro del material evaluado. Por su parte el acame es un carácter que depende de muchos factores tales como altura de la planta, el espesor de los tejidos del tallo, el ahijamiento, la profundidad del sistema radicular, en-

tre otros, y puede provocar esterilidad en las panículas al cortar el suministro de nutrientes y por consiguiente disminuir el rendimiento, por todo ello generalmente se seleccionan cultivares resistentes y los susceptibles son descartados durante el proceso de mejora (Franquet y Borrás, 2020).

Con respecto a la sensibilidad al fotoperíodo ocurre algo similar, el mejorador enfoca su selección hacia cultivares insensibles que le permitan ampliar la fecha de siembra, aunque en estos casos la temperatura es quien determina el ciclo de vida de la planta ya que generalmente son termoperiódicas. En este sentido, Maqueira (2014), en un trabajo desarrollado con cultivares cubanos de arroz, encontró que la duración real de sus ciclos de desarrollo, varía en función de la fecha de siembra, atendiendo a las particularidades del comportamiento de la temperatura del aire en la localidad, también Rodríguez *et al.*, 2022 aseguran que el ciclo del arroz está condicionado por la temperatura.

Los caracteres densidad y fertilidad de la panícula nos indican la capacidad de la planta para fertilizar y llenar los granos y proporcionan una medida indirecta del rendimiento en etapas tempranas de selección (Pérez *et al.*, 2022). En cuanto a la emergencia de la panícula se considera que es regulada genéticamente, y la excersión completa es una característica deseada en los programas de mejoramiento genético (Paredes *et al.*, 2021).

Tabla 3. Descriptores cualitativos con caracteres homogéneos en los ocho cultivares procedentes de Vietnam y los dos cultivares comerciales cubanos evaluados.

Descriptores	Características
Color del ápice de la lemma y la pálea	Verde pálido
Pubescencia de la lemma y la pálea	Parcial o totalmente cubiertas con vello corto
Color de las glumas	Blanquecino
Vellosidad predominante de la lámina de la hoja	Escabrosas, ásperas al tacto
Color de la lámina foliar	Verde
Corrugación de la lámina de la hoja	Ausente
Forma de la lígula	Hendida
Color de la vaina de la hoja	Verde
Resistencia al acame	Resistentes
Ángulo del ápice del grano apical de la panícula	Erecto
Ángulo del ápice de un grano tomado del tercio medio de la panícula	Erecto
Color de ápice del grano apical de la panícula	Paja
Color de las glumas fértiles (lemma y pálea) del grano apical de la panícula	Paja
Densidad predominante de la panícula	Compacta
Emergencia de la panícula	Bien emergida
Respuesta al fotoperíodo	Insensible

Tabla 4. Descriptores cualitativos con caracteres variables en los ocho cultivares procedentes de Vietnam y los dos cultivares comerciales cubanos evaluados.

Descriptores	Cultivares de Vietnam								Comerciales	
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	INCA LP-5	INCA LP-7
Hábito de crecimiento	Erecto	E*	Se	E	E	E	E	E	E	Se
Color del estigma	Blanquecino	B	B	A	B	B	B	B	B	B
Porte de la hoja bandera	Erecto	E	Se	Se	E	E	E	E	E	E
Posición del ápice de la primera hoja por debajo de la hoja bandera	Erecto	E	Se	Se	E	E	E	E	E	E
Color predominante de la lígula	Amarillo pálido	Ap	Cr	Cr	Cr	Cr	Ap	Cr	Ap	Ap
Resistencia de las aurículas al desprendimiento	Resistentes	Ca	R	R	R	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca
Color de las aurículas	Amarillo pálido	Ap	Cr	Cr	Cr	Cr	Ap	Cr	Ap	Ap
Color del nudo	Verde oscuro	Vo	Vc	Va	Va	Vc	Vc	V	A	A
Color del entrenudo	Verde amarillento	Va	Va	Va	Va	Va	Va	Va	Vo	Va
Color del anillo subnodal	Verde amarillento	Va	Va	Vc	Va	Va	Va	Va	Va	Va
Color de la base del tallo	Crema	Va	B	Va	Va	Cr	Cr	Cr	Vc	Vc
Aristado de las semillas	Ausente	Au	Au	Ac	Au	Au	Au	Au	Au	Au
Desgranado de la panícula	Difícil	D	MD	D	MD	MD	D	D	D	D
Longevidad foliar	Rápida	L	L	R	L	L	L	L	L	L
Resistencia a <i>Tagosodes orizicolus</i>	Resistente	S	S	R	R	R	R	S	R	R

*E- Erecto, Se-Semi Erecto, B- Blanquecino, A-Amarillo, Ap-Amarillo pálido, Cr-Crema, R-Resistentes, Ca-Caedizas, Vo-Verde oscuro, Vc-Verde claro, Va-Verde amarillento, V-Verde, Au-Ausente, Ac-Arista corta, D- Difícil, MD-Moderadamente difícil, R-Rápida, L-Lenta, R-Resistente, S-Susceptible.

Por su parte se encontró variabilidad en 13 caracteres cualitativos (Tabla 4), dentro de ellos el hábito de crecimiento y el porte de las hojas, predomina de forma erecta, pero se distinguen los cultivares V3 e INCA LP-7, con un hábito de crecimiento semierecto y los cultivares V3 y V4, poseen hojas semierectas. Los portes erecto e intermedio permiten que penetre mejor la luz solar en el follaje, por lo que mejora el potencial fotosintético y aumenta el rendimiento, este carácter es regulado por un gen que confiere insensibilidad a las hormonas del grupo brasinoesteroides que participan en la división y diferenciación celular (Paredes et al., 2021).

Los atributos de color para algunos órganos como el estigma, la lígula, las aurículas, el nudo, el anillo subnodal y la base del tallo, mostraron variabilidad. En ese sentido, V4 se distingue por el color amarillo del estigma y para el resto es blanquecino.

Para la lígula y la aurícula se apreciaron dos colores:

amarillo pálido y crema, mientras que el nudo es amarillo en los cultivares comerciales INCA LP-5 e INCA LP-7 y los cultivares vietnamitas presentaron tres verdes diferentes (verde amarillento, verde y verde oscuro), V4 posee el anillo subnodal verde claro y el resto verde amarillento. INCA LP-5 se diferencia del resto por el entrenudo verde oscuro y la base del tallo fue muy variable, entre cultivares, con cuatro colores (blanquecino, verde pálido, verde amarillento y crema).

Los cultivares V1, V3, V4 y V5 fueron resistentes al desprendimiento de las aurículas, para el resto de los evaluados fueron caedizas.

Un solo cultivar presentó aristas cortas y en menos del 50 % de los granos (V4), el resto fueron míticos. A lo largo de los años la domesticación de gramíneas como el arroz, el trigo, la cebada y el sorgo ha resultado en modificaciones en su morfología, una de ellas es la eliminación parcial o completa de las aristas, ya que, aunque

Tabla 5. Severidad de las enfermedades fúngicas presentes en ocho cultivares de arroz procedentes de Vietnam y dos testigos comerciales cubanos INCALP-5 e INCALP-7.

Cultivar	Momento ddg	Tizón de la vaina (<i>R. solani</i>)	Piriculariosis (<i>P. grisea</i>)	Helminthosporiosis (<i>Helminthosporium oryzae</i>) Severidad (%)	Cercosporiosis (<i>Cercospora oryzae</i>)	Podredumbre de la vaina (<i>S. oryzae</i>)
LTH 31	45	0	20	0	0	0
	75	5	55	35	12	10
GL 301	45	0	60	0	0	0
	75	5	88	30	23	20
LCG 3-4	45	0	0	0	0	0
	75	0	10	15	12	0
OM 2517	45	0	0	0	0	0
	75	0	0	14	4	0
OM 5451	45	0	0	0	0	0
	75	0	0	17	5	0
OM 6976	45	0	0	0	0	0
	75	0	0	19	10	0
OM 8087	45	0	0	0	0	0
	75	0	0	18	12	0
DS 1	45	0	0	0	0	0
	75	0	0	20	20	0
INCA LP-5	45	0	0	0	0	0
	75	0	0	21	9	0
INCA LP-7	45	0	0	0	0	0
	75	0	5	14	3	0

sirven de protección contra aves su presencia dificulta la recolección manual y reduce su valor como alimento para el ganado (Takanashi *et al.*, 2022).

Con respecto al desgrane de la panícula, la mayoría presentó menos del 15 % de granos desprendidos lo que los clasifica como de difícil desgrane, solo V3, V5 y V6 se comportaron como moderadamente difíciles, con un porcentaje entre 16 y 21, inferior al límite de dicha clasificación en la escala, la cual permite hasta el 30 %.

Cuando se emplea el término “desgranable” indica que el grano, cuando llega a la madurez, se desgrana con mucha facilidad y no que sea fácilmente trillable por la máquina cosechadora. Se considera que es consecuencia de uno o dos genes, aunque existen hipótesis verosímiles que señalan la influencia de una base poligénica y estos influyen en el grado de desarrollo y en la variación de la suberificación o lignificación de la capa de células que unen la cariósida con el pedúnculo, por su parte la variabilidad genética, derivada del cruzamiento, es responsable por la segregación del carácter (Franquet y Borrás 2020).

La longevidad foliar fue lenta para la mayoría de los cul-

tivares, mientras que V1, V4 mostraron un comportamiento intermedio con 1 o 2 hojas verdes. La vida de las hojas es corta y para la época de floración solamente hay 4 o 5 hojas verdes en cada tallo o hijo; de ellas, las dos hojas superiores son responsables de la fotosíntesis de un 75 % de los carbohidratos que van al grano (Degiovanni *et al.*, 2010).

Los cultivares vietnamitas V2, V3 y V8 mostraron susceptibilidad a *Tagosodes orizicolus* (Muir) (Sogata), lo cual es un impedimento para su siembra en Cuba, debido a que, en la década del 70 el insecto y el Virus de la Hoja Blanca que éste transmite, provocaron la destrucción de las áreas arroceras de Sancti Spiritus y Granma, razón por la cual se estableció un sistema de producción de semillas a partir de la evaluación de 500 panículas donde se seleccionan solo las líneas que muestran resistencia (Alfonso *et al.*, 2000).

Al evaluar el comportamiento en campo de los cultivares se observó menor severidad de las enfermedades Tizón de la vaina y Podredumbre de la vaina, no así para el resto de las enfermedades evaluadas (Tabla 5). La enfermedad de mayor severidad fue *Pyricularia grisea* y los

cultivares más susceptibles, independientemente del momento evaluado fueron GL 301 y LTH 31, además destacan V4, V5, V6, V7, V8 e INCA LP-5, sin síntomas de la enfermedad.

Un comportamiento similar se observó al evaluar los hongos *Helminthosporium* y *Cercospora*, aunque con menor grado de severidad.

La Piriculariosis, enfermedad que provoca el hongo *P. grisea*, es considerada como la más devastadora a nivel mundial, debido a su amplia distribución. Afecta hojas, tallos, nudos de la planta y las diferentes partes de las panículas y granos, lo que produce una significativa disminución en los rendimientos agrícolas y en ocasiones, la pérdida completa de la cosecha, todo lo cual presenta a esta enfermedad como una seria limitación en la producción de este cultivo y es un problema fitopatológico en Cuba (Rodríguez *et al.*, 2021).

En este sentido, se conoce que varios genes están involucrados en la herencia de la resistencia a la enfermedad y la alta variabilidad que muestra el patógeno, provoca la aparición de nuevos haplotipos capaces de superar la resistencia de los cultivares (Livore 2020). Todo ello im-

plica que, para evaluar la resistencia de cultivares, se requiere tener identificado el sitio donde exista una alta presión y diversidad del patógeno, asociada a condiciones ambientales favorables para su desarrollo, lo que permitirá la selección de líneas de arroz que combinen un gran número de genes, que posibiliten que la resistencia sea más estable y duradera (Zambrano *et al.*, 2006).

El resto de los cultivares evaluados, pudieran por tanto resultar susceptibles ante la presencia de nuevos haplotipos del hongo, por lo que sería adecuada su evaluación en la zona 'hot spot' seleccionada en Cuba, para ese propósito, aunque es meritorio destacar que los datos de severidad observados demuestran que el hongo puede ser un patógeno potencial bajo las condiciones de la zona de estudio y los cinco cultivares con cero severidad son una primera aproximación para identificar esos materiales promisorios con resistencia frente a este patógeno.

La matriz de correlaciones fenotípicas de los caracteres cuantitativos evaluados a los ocho cultivares procedentes de Vietnam y los cultivares comerciales cubanos INCA LP-5 e INCA LP-7 muestra correlación positiva y significativa entre el rendimiento y las panículas por metro cuadrado, el rendimiento y longitud del grano, rendi-

Tabla 6. Matriz de correlaciones fenotípicas de los caracteres cuantitativos evaluados a los ocho cultivares procedentes de Vietnam y los cultivares comerciales cubanos INCA LP-5 e INCA LP-7.

	LHB	AHB	LH	AH	A	LG	AG	EG	LP	GLI	GT	MMG	R
PM	0,15 5	0,17 9	0,12 1	- 0,006	- 0,365**	0,102	-0,142	-0,130	-0,012	-0,232	-0,256	-0,360*	0,059*
LHB		0,26 8	0,22 5	0,324 .	0,069	0,460*	-0,270	-0,073	0,295*	-0,304*	-0,271	-0,126	-0,320*
AHB			0,20 2	0,292 .	0,094	0,248	0,022	0,025	0,017	0,118	-0,020	0,117	-0,037
LH				0,170	0,034	0,187	-0,166	0,118	0,297*	0,055	0,051	0,025	-0,060
AH					0,335*	0,087	0,129	0,184	0,129	0,083	0,060	0,149	0,070
A						0,039	0,259	0,219	0,058	0,063	0,091	0,541*	-0,085
LG							- 0,540**	-0,164	0,357*	-0,065	0,014	-0,167	0,527**
AG								0,460*	-0,338*	0,068	-0,086	0,552*	0,502**
EG									0,039	-0,048	-0,129	0,569*	0,046
LP										0,117	0,230	0,063	-0,121
GLI											0,898*	0,107	0,427**
GT												0,046	0,452**
MMG													0,065

PM- Panículas por metro cuadrado, LHB - Longitud de la hoja bandera, AHB – Ancho de la hoja bandera, LH - Longitud de la hoja por debajo de la hoja bandera, AH - Ancho de la hoja por debajo de la hoja bandera, A – altura de la planta (cm), LG - longitud del grano (cm), AG - ancho del grano (cm), EG - espesor del grano (cm), LP - longitud de la panícula (cm), GLI - granos llenos por panícula, GT - granos totales por panícula, MMG - masa de 1000 granos (g) y R - Rendimiento agrícola (t.ha⁻¹).

miento y ancho del grano, rendimiento y los granos llenos por panícula y rendimiento y granos totales por panícula (Tabla 6). Espitia *et al.* (2021), informaron asociación positiva y significativa tanto fenotípica como genotípica entre el rendimiento y el número de tallos por planta, número de panículas por planta y el número de granos por panícula, por su parte la masa de 1000 granos mostró asociación positiva significativa genotípica. Estos componentes, por la influencia que ejercen sobre el rendimiento, son considerados como marcadores para la selección, en generaciones tempranas, de cultivares de alto rendimiento.

Tanto la altura de la planta, en sentido positivo, como las panículas por metro cuadrado, de manera negativa, se correlacionaron con la masa de los granos, lo cual demuestra que plantas altas desarrollan panículas más largas y de mayor masa, mientras que, las panículas pueden ser más pequeñas y con menos masa de los granos cuando hay más panículas por metro cuadrado. Aunque es necesario señalar que en este trabajo no se aprecia correlación significativa de la altura con la longitud de la panícula, la cual sí estuvo correlacionada con la longitud de la hoja bandera y la hoja ubicada por debajo de la hoja bandera.

También se aprecia correlación negativa entre la altura y las panículas por metro cuadrado, generalmente las plantas altas producen menor número de hijos. Estos resultados de manera general son herramientas útiles a emplear por los mejoradores del cultivo.

Los 22 caracteres cuantitativos evaluados mostraron diferencias entre los cultivares (Tabla 7) y solo para la longitud del mesocotilo, ancho de la hoja situada debajo de la hoja bandera y los granos estériles en el ápice de la panícula, estas no fueron significativas estadísticamente. Este resultado coincide con lo obtenido por otros autores (Budhlakoti *et al.*, 2019; Zúñiga *et al.*, 2021; Zúñiga y Carrodeguas 2022), quienes informan variabilidad en los caracteres morfológicos cuantitativos evaluados los que permitieron la identificación y selección de plantas con caracteres superiores.

En el caso específico del cultivar V3 procedente de Vietnam, también se apreció variabilidad en caracteres cuantitativos tales como altura, panículas y granos dentro de la parcela lo cual indica que al parecer este material aún se encontraba segregando, o pudiera manifestar segregación al ser evaluado en un ambiente diferente al que fue obtenido.

Tabla 7. Resultados de los análisis de varianza efectuados y valores máximos y mínimos de los descriptores cuantitativos evaluados a los ocho cultivares procedentes de Vietnam y los cultivares comerciales cubanos INCA LP-5 e INCA LP-7.

	x	ESx	Mínimo	Máximo
Longitud del mesocotilo	0,6	0,17	0,2	1,6
Longitud del coleóptilo	1,7	0,31*	0,6	2,8
Número de hojas muertas	11	1,87*	3	20
Longitud de la hoja bandera	29,3	3,13*	17,5	46,6
Ancho de la hoja bandera	1,5	0,15*	0,7	2,5
Longitud de la hoja por debajo de la hoja bandera	40,8	3,79*	25	56
Ancho de la hoja por debajo de la hoja bandera	1,2	0,11	1,0	1,9
Longitud de la lígula	2,3	0,41*	0,3	4,0
Altura de la planta	105,0	1,51*	84	135
Longitud del grano	0,9	0,02*	0,6	1
Ancho del grano	0,3	0,01*	0,2	0,4
Relación largo/ancho del grano	3,1	0,07*	1,5	4,5
Espesor del grano	0,03	0,001*	0,014	0,037
Longitud de la panícula	22,8	0,32*	19	28
Granos estériles en el ápice de la panícula	0,2	0,28	0	1
Desgrane	11	3,56*	3	31
Granos llenos por panícula	122	3,18*	78	169
Panículas por metro cuadrado	394	4,21*	200	550
Granos totales por panícula	157	6,75*	104	296
Masa de 1000 granos	28,0	0,32*	22,4	32,5
Rendimiento agrícola	5,0	0,17*	2,1	7,6

x- Media, ESx- Error estándar de la media, * significación $p < 0,05$

Tabla 8. Análisis de varianza de los caracteres agronómicos de mayor importancia evaluados a los ocho cultivares procedentes de Vietnam y los cultivares comerciales cubanos INCA LP-5 e INCA LP-7.

Cultivares	R	PM	GLI	MMG	A	LP	C
V1	4,5 c	285 d	100 de	28,32 bc	113,6 ab	23,74 ab	149
V2	4,8 bc	394 c	106 de	25,45 d	99,6 cd	24,06 ab	154
V3	3,1 d	231 d	92 e	31,67 a	122,0 a	23,10 ab	154
V4	4,9 bc	340 c	113 cd	27,36 c	104,8 bc	21,66 bc	139
V5	5,2 abc	422 b	130 bc	23,90 e	92,2 d	23,34 ab	139
V6	5,5 abc	507 a	139 ab	27,52 c	106,4 bc	22,54 abc	142
V7	5,1 abc	438 b	129 bc	29,01 b	98,8 cd	21,98 bc	140
V8	4,8 bc	324 c	117 cd	29,18 b	104,2 bc	20,00 c	148
V9	6,0 ab	493 ab	141 ab	28,06 bc	102,0 cd	22,30 abc	141
V10	6,4 a	510 a	153 a	29,09 b	106,0 bc	25,10 a	155
x	5,0	394	122	28,0	105,0	22,8	146
ESx	0,17*	4.21*	3,18*	0,32*	1,51*	0,32*	

R - Rendimiento agrícola (t.ha⁻¹), PM – panículas por metro cuadrado, GLI - granos llenos por panícula, MMG - masa de 1000 granos (g), A – altura de la planta (cm), LP - longitud de la panícula (cm), C - ciclo en días a la madurez, x- Media, ESx- Error estándar de la media, * significación p < 0,05

La interacción Genotipo - Ambiente se refiere al comportamiento diferencial de genotipos a través de condiciones ambientales variables, el mejoramiento genético de los cultivos requiere la evaluación de los materiales genéticos en diferentes ambientes. Su estudio ayuda a incrementar la eficiencia de la mejora y conocer su magnitud permite evaluar la estabilidad de los cultivares en la gama de ambientes en que se quiere introducir, así como los potenciales productivos y limitaciones de estos en las localidades (Márquez *et al.*, 2020).

Los valores más altos de rendimiento, sin diferencias significativas entre ellos, se obtuvieron por los cultivares INCA LP-7, INCA LP-5, V6, V5 y V7 (Tabla 8). Debido a su excelente comportamiento en diferentes condiciones de suelo y clima, el cultivar INCA LP-5 ha permanecido en la producción arroceras cubana durante 20 años (Pérez *et al.*, 2022) y, a pesar de mostrar un ciclo corto, es capaz de formar un número elevado de hijos fértiles, que le permiten, junto con la contribución de los componentes granos llenos por panícula y masa de 1000 granos, obtener los más altos rendimientos, similar a 'INCA LP-7', de ciclo medio.

INCA LP-7, INCA LP-5 y el cultivar vietnamita V6, también mostraron los valores más altos de panículas por metro cuadrado y granos llenos por panícula, seguidos de V5 y V7, aunque para estos caracteres si se aprecian diferencias significativas. Este resultado evidencia que el rendimiento está asociado con la producción de granos que se obtiene, no solamente por un incremento en las panículas por metro cuadrado; también deben ser considerados los granos llenos presentes en estas panículas (Pérez *et al.*, 2022).

El rendimiento del arroz y los caracteres relacionados con él son regulados por múltiples genes, que están influenciados significativamente por el medio ambiente. Budhlakoti *et al.* (2019), encontraron los valores más altos de coeficientes de variación genotípicos y fenotípicos para el rendimiento, así como una alta heredabilidad en sentido ancho y alto avance genético lo que ellos atribuyen a la eficiencia de la selección realizada.

Por otro lado, Espitia *et al.* (2021), en un trabajo donde evaluaron la variabilidad genética del rendimiento, del trigo, y sus componentes, así como las correlaciones entre ellos para identificar criterios de selección, encontraron que el rendimiento posee alto coeficiente de variación genética con valores bajos de heredabilidad, mientras que los componentes granos llenos por panícula, masa de 1000 granos y panículas por metro cuadrado, tuvieron un coeficiente de variación genética intermedio.

El mayor valor de masa de 1000 granos lo obtuvo V3, seguido de V8 pero con diferencias significativas entre ellos. Es necesario recordar que se apreció mucha variabilidad dentro del cultivar V3, lo cual unido a su susceptibilidad a Tagosodes y Piriculariosis, así como el más bajo rendimiento, lo invalidan para su empleo como cultivar comercial en Cuba.

La literatura plantea que la masa de 1000 granos en arroz es propia del cultivar, aunque destacan cierta variabilidad intracultivar y señalan que un incremento en el rendimiento se puede lograr seleccionando materiales de mayor masa en el grano. Espitia *et al.* (2021), encontraron valores altos de heredabilidad para la masa de 1000 granos y el número de granos llenos por panícula,

lo que indica que esos caracteres pueden ser mejorados fácilmente ya que su variación es debida mayormente a efectos genéticos.

Asimismo, una menor altura puede sin dudas mejorar la resistencia al acamado y disminuir considerablemente las pérdidas en el rendimiento asociadas a este carácter (Sarawgi *et al.*, 2013).

En cuanto a la longitud de la panícula todos los cultivares evaluados presentaron valores cercanos a la media de 22,8, excepto INCA LP-7 que presentó las panículas más largas, diferentes estadísticamente de V4, V7 y V8, que también fue este último quien portaba las más cortas.

Tanto INCA LP-5 como INCA LP-7 alargaron su ciclo, debido a la época en que fueron sembrados, así como por la tecnología de trasplante utilizada, lo que también se puede asumir para el resto de los cultivares evaluados. V2, V3 y V8, se comportaron como ciclos medios, similares a INCA LP-7 y el resto fueron de ciclos más cortos similares a INCA LP-5.

El ciclo más adecuado para el arroz parece estar entre 110 y 135 días, los cultivares que maduran en este tiempo rinden más, habitualmente, que las que maduran antes o después de él, en la mayoría de las condiciones agronómicas favorables. La precocidad como objetivo de mejoramiento es adecuada para escapar de las causas de estrés ambiental, como la sequía o la temperatura baja durante la fase reproductiva; además, un período vegetativo corto permite hacer un uso más eficiente del agua de riego, un mejor aprovechamiento del calendario de siembra y emplear menos fertilizantes. No obstante, combinar el carácter de precocidad con niveles óptimos de macollamiento, vigor y rendimiento es un desafío fascinante para los fitomejoradores (Franquet y Borrás 2020).

CONCLUSIONES

De manera general podemos concluir que de los 29 caracteres cualitativos evaluados 16 resultaron homogéneos para los ocho cultivares procedentes de Vietnam y los dos cultivares comerciales cubanos, la asociación, entre el rendimiento y algunos de sus componentes, reafirma la influencia que estos caracteres ejercen sobre el rendimiento, tres cultivares de procedencia vietnamita (V2-GL301, V3-LCG3-4 y V8-DS1) no pueden ser utilizados en la producción arrocería en Cuba, por su bajos rendimientos y susceptibilidad a *Tagosodes*, la enfermedad de mayor severidad fue *Pyricularia grisea* y los cultivares más susceptibles fueron V1-LTH 31 y V2-GL 301. Los cultivares de mejor comportamiento, de manera general, (V5-OM5451, V6-OM6976 y V7-OM8087) pu-

dieran ser utilizados, como progenitores en los programas de mejora, así como cultivares comerciales.

REFERENCIAS

- Alfonso R., Suárez E., Hernández A., Pérez R., Ávila J., Ginarte A., Hernández J.L., Orellana P. (2000). La resistencia genética de las variedades como elemento básico en el manejo integrado de plagas y preservación del medio ambiente en el cultivo del arroz. Matanzas, Cuba: Fórum Tecnológico, p.20.
- Berrio-Orozco L.E., Torres-Toro É.A., Barona-Valencia J., Cuásquer-Sedano J.B. (2016). Diversidad genética de las variedades de arroz FLAR liberadas entre 2003-2014. *Agronomía Mesoamericana*. 27 (2): 217-231, ISSN 1659-1321, DOI 10.15517/am.v27i2.20695.
- Budhlakoti V., Joshi A., Nidhi B. (2019). Genetic variability, heritability, genetic advance and correlation studies for yield and component traits in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 8 (1): 200-204, ISSN: 2278-4136, ISSN: 2349-8234.
- Degiovanni V., Berrío L.E., Charry R.E. (2010). Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.) En: Degiovanni V., Martínez C.P. y Motta F. (Eds.). Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Cali: CIAT. p:35-59.
- Díaz G.S., Castell S. (2015). Tecnología agrícola para el trasplante mecanizado del arroz en Cuba. La Habana, Cuba: Agencia de Medio ambiente, Proyectos Internacionales BASAL y Vietnam-Cuba. p.14. ISBN:978-959-300-075-8.
- Espitia E., Martínez E., Villaseñor H.E., Hortelano R., Limón A., Ortega A., Lozano A. (2021). Genetic variability and criteria for selecting yield and its components in rainfed wheats. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*. 12 (2): 305-315.
- Franquet B.J.M., Borrás C. (2020). Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa*, L.). Ed. Universitat Internacional de Catalunya. Escola Universitària de Ciències Experimentals i Tecnologia, España, p:249-270. ISBN-84-930364-1-2. [cited: 2020 November 20]. Available from: <http://www.eumed.net/libros/fbbp/index.htm>.
- García O., Pérez N.J., González M.C. (2014). Producción de semillas de arroz con alta calidad, obtenidas en Pinar del Río. *Revista Avances*. 16 (4):327-338, ISSN:1562-3297.
- Hernández A.J., Pérez J.M.J., Bosch D.I., Castro N.S. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. 1st ed. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA. p.93.
- IRRI. (2002). *Standard Evaluation System for Rice*. Filipinas: International Rice Research Institute (IRRI). p.56.
- Livore A. (2020). Desarrollo de una estrategia para la obtención de resistencia durable a *Pyricularia grisea*

- en Arroz en el Cono Sur. Informe técnico final – Proyecto FONTAGRO - convenio iica/bid ftg/rf-99-02-rg, INTA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) [Consulta: 15 Junio 2020]. Disponible en: <http://www.procisur.org.uy/online/DOCS/pyricularia22.pdf>,
- Maqueira L. (2014). Relación de los procesos fisiológicos del desarrollo y de variables meteorológicas, con la formación del rendimiento en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en Los Palacios, Pinar del Río. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Mayabeque, Cuba: Universidad Agraria de la Habana. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. p.100.
- Márquez Y., Salomón J.L., Acosta R. (2020). Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*. 41 (1), e10, ISSN impreso: 0258-5936, ISSN digital: 1819-4087.
- MINAG. (2020). Modificaciones al Instructivo Técnico para el cultivo del arroz. La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones de Granos. p.30.
- Morejón R., Díaz S.H. (2019). Asociación de caracteres en colección de recursos fitogenéticos de arroz en Los Palacios. *Avances* 21 (1): 22-31, ISSN 1562-3297.
- Paredes M., Becerra V., Donoso G., Olmos S., Rodríguez R. (2021). Morfología y estados de crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. En: 100 años del cultivo de arroz en Chile. En un contexto internacional 1920 – 2020. TOMO II: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio De Agricultura. Chile. p:408-445. ISSN 0717-4713.
- Pérez N.J., Díaz S.H., Cristo E., Morejón R., Maqueira L., Roján O., Cruz A., Rivero D., Castro R., Ramírez M.A., Rodríguez A.T., Polón R., Ruíz M., Díaz G.S., Miranda A., Castell, S.E., González M.C., Torres W., Cárdenas R.M., Varela M. (2020). El cultivo del arroz en Los Palacios. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, p.126. ISBN:978-959-7258-02-5.
- Pérez N.J., González M.C., Cristo E. (2022). Diversidad fenotípica de cultivares cubanos de arroz obtenidos por el INCA en el período 1984-2020, *Cultivos Tropicales*. 43 (4).
- Rodríguez A.T., Bautista S., Ramírez M.A., Plascencia M., Hernández L. 2021. Quitosano y sus derivados, polímeros naturales con potencial para controlar a *Pyricularia oryzae* Cav. *Cultivos Tropicales*. 42 (4), e15.
- Rodríguez L., Quintero C., Cuásquer J., Graterol E., García M., Cruz M. (2022). Comparación morfoagronómica y molecular de catorce variedades de arroz (*Oryza sativa*) con las líneas que dieron su origen. *Acta Biológica Colombiana*. 27 (1):5-16. <https://doi.org/10.15446/abc.v27n1.84269>
- Sarawgi A.K., Subba Rao L.V., Parikh M., Sharma B., Ojha G.C. (2013). Assessment of variability of rice (*Oryza sativa* L.) germplasm using agro-morphological characterization. *Journal of Rice Research*. 6 (1):15-28. ISSN: 2375-4338.
- Sushmitharaj D.V., Arunachalam P., Vanniarajan C., Souframanien J., Subramanian E. (2020). Multivariate analysis in rice (*Oryza sativa* L.) mutant families from Anna (R) 4 Cultivar. *Indian Journal of Agricultural Research*. 54 (6):769-774. DOI: 10.18805/IJARE.A-5348.
- Takanashi H., Kanegae H., Nishimura A., Yamada J., Ishimori M., Kobayashi M., Yano K., Iwata H., Tsutsumi N., Sakamoto W. (2022). Dominant awn inhibitor encodes the alog protein originating from gene duplication and inhibits awn elongation by suppressing cell proliferation and elongation in sorghum. *Plant Cell Physiology*. 63 (7): 901–918, doi: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcac057>.
- Townsend G.R., Heuberger J.W. (1943). Methods for estimating losses caused by disease in fungicide experiments. *The Plant Disease Reporter*. 27:340-343
- Villanueva D., Smale M., Jamora N., Lee Capilit G., Sackville Hamilton R. (2020). The contribution of the International Rice Genebank to varietal improvement and crop productivity in Eastern India, *Food Security*. 12:929–943, <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01036-9>.
- Zambrano A., Vegas A., Cardona R., Gutiérrez Z., Demey J.R. (2006). Estructura genética y diversidad de linajes de *Pyricularia grisea* en la zona arrocería venezolana. *Interciencia*. 31 (1):62-66.
- Zúñiga A., Carrodegua A. (2022). Variabilidad morfoagronómica en genotipos de arroz en el Pacífico Central, Costa Rica. *Ciencia y Agricultura*. 19 (1):1-14. <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n1.2022.12567>
- Zúñiga A., Carrodegua A., Chinchilla M. (2021). Variabilidad morfoagronómica de poblaciones F₂ de pimienta (*Capsicum annum* L.) en Cartago, Costa Rica. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 25 (2): 53-67.