



## Diversidad fenotípica de cultivares cubanos de arroz obtenidos por el INCA en el período 1984-2020

### Phenotypic diversity of Cuban rice cultivars obtained by INCA in the period 1984-2020

 Noraida de J. Pérez-León<sup>1\*</sup>,  María C. González-Cepero<sup>2</sup>,  Elizabeth Cristo-Valdés<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Científico Tecnológica de Base "Los Palacios", Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Carretera La Francia km 1½, Los Palacios, Pinar del Río, Cuba. CP 22 900

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

**RESUMEN:** Con el objetivo de evaluar la diversidad fenotípica de cultivares cubanos de arroz obtenidos por el INCA, 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. Se evaluaron 30 caracteres cualitativos y 23 cuantitativos. Los datos fueron procesados mediante un análisis de correlación múltiple y Análisis Multivariado de Clasificación Automática (Conglomerados). Los resultados mostraron que 11 caracteres cualitativos fueron homogéneos y 10 fueron distintivos de algunos cultivares, dentro de ellos el color de la lígula, las hojas, el nudo, el entrenudo, el anillo subnodal, el estigma, así como la posición del ápice de la primera hoja, por debajo de la hoja bandera, la pubescencia de la lemma y la pálea, la vellosidad de la hoja y la emergencia de la panícula. Existe correlación positiva y significativa entre el rendimiento y los granos por panícula, también, entre la longitud del mesocotilo y el coleóptilo, con el rendimiento industrial y la capacidad de ahijamiento, respectivamente. Se aprecian rangos de variación en todos los caracteres cuantitativos evaluados y aunque los cultivares obtenidos están genéticamente relacionados, se diferencian fenotípicamente.

**Palabras clave:** fitomejoramiento, variabilidad genética, *Oryza sativa* L..

**ABSTRACT:** With the objective of evaluating the phenotypic diversity of Cuban rice cultivars obtained by INCA, 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. 30 qualitative and 23 quantitative characters were evaluated and data processed through a multiple correlation analysis and multivariate analysis of automatic classification (clusters). The results showed that 11 characters qualitative were homogeneous and 10 were distinctive of some cultivars, within them, the color of the ligule, the leaf blade, node, internode, subnodal ring, stigma, as well as, the position of the apex of the first leaf below the flag leaf, lemma, palea and leaf pubescence, and panicle exertion. There is a positive and significant correlation between yield and grains per panicle; also, between mesocotile and coleoptile length with industrial yield and tillering capacity, respectively. Variation ranges are appreciated in all the quantitative traits evaluated and although the cultivars obtained are genetically related, they differ phenotypically.

**Key words:** plant breeding, genetic variability, *Oryza sativa* L..

## INTRODUCCIÓN

En el mundo habitan siete billones de personas, se estima que llegará a ocho en el 2025 y nueve en el 2050 (1), este aumento pudiera conducir a un mayor uso de la agrobiodiversidad, un mayor empleo rural, menos problemas ambientales y de salud, pero de manera contradictoria, cada día la diversidad se pierde y aunque se

desarrollan esfuerzos para conservarla, ningún sistema ha pasado la prueba del tiempo (2). Producir suficientes alimentos para la creciente población mundial constituye un gran reto para las generaciones presentes y futuras, en un planeta donde la degradación de los suelos y el calentamiento global de la atmósfera son prácticamente irreversibles (3).

\*Autor para correspondencia: [nory@inca.edu.cu](mailto:nory@inca.edu.cu)

Recibido: 23/06/2021

Aceptado: 25/10/2021

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



En el contexto de la agrobiodiversidad, la diversidad genética puede verse como una fuente de opciones para cultivar alimentos diversos y nutritivos con menos recursos, adaptados a ambientes más hostiles y haciendo a los cultivos menos susceptibles a plagas (4). El conocimiento de la diversidad genética entre cultivares, en una región determinada, es importante para planificar estrategias de mejoramiento y reducir la vulnerabilidad de los cultivos.

La información acerca de los niveles y patrones de diversidad genética puede ser muy útil en el mejoramiento, para analizar la variabilidad entre cultivares, para identificar combinaciones de progenitores que permitan crear poblaciones con diversidad máxima y para introducir genes deseables de germoplasma diverso a la base genética disponible. Esta información también es importante en el mejoramiento de híbridos, para la formación de grupos o cruzamientos de alta heterosis (5).

Existen dos formas de evaluar la divergencia genética, a través de métodos cuantitativos con el empleo de los análisis dialélicos, entre otros; o utilizando métodos predictivos que incluyen: estudios de caracteres morfológicos o agronómicos, apoyados en técnicas de análisis multivariado, marcadores moleculares y análisis del pedigrí, con base en el coeficiente de parentesco (5,6).

En Cuba se realizaron análisis del pedigrí con base en el coeficiente de parentesco que incluyeron los cultivares comerciales desarrollados hasta el año 2001 y solo aparecen algunos de los obtenidos por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), que comenzaban su proceso de introducción.

En este sentido fue desarrollado el presente trabajo, que tuvo como objetivo: evaluar la diversidad fenotípica de cultivares de arroz cubanos obtenidos por el INCA, evaluando caracteres morfoagronómicos y apoyados en técnicas de análisis multivariado.

## 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, sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Petroférrico (7) y fueron utilizados 19 cultivares de arroz (Tabla 1), obtenidos mediante el programa de mejoramiento, desarrollado por investigadores del mencionado instituto.

La muestra contempla el primer cultivar de arroz obtenido en Cuba mediante hibridaciones (Amistad'82), el cual proviene de un cruce realizado en el Instituto de Investigaciones del Arroz de Cuba, con la asesoría de un investigador de la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas y seleccionado en la UCTB del INCA en Los Palacios. También, el primero obtenido mediante el cultivo *in vitro* de anteras (Anays LP-14) y el primer mutante (Ginés LP-18), obtenido a partir del cultivo *in vitro* de semillas irradiadas con protones (8).

Además, se evaluaron 11 cultivares obtenidos mediante hibridaciones, otros tres cultivares obtenidos por cultivo *in*

*vitro* de anteras (9) y tres somaclones provenientes del cultivo *in vitro* de semillas en un medio de cultivo con 4000 ppm de NaCl (10).

La siembra se efectuó en el campo, de forma directa a chorrillo, en un diseño de Bloques al azar, con tres réplicas, parcelas de dos metros de largo por dos metros de ancho (4 m<sup>2</sup>), a una distancia de 15 cm entre surcos y una densidad de 100 kg de semilla por hectárea. Las labores fitotécnicas se realizaron según las indicaciones establecidas en el Instructivo Técnico del Cultivo del Arroz (11).

Siguiendo la metodología elaborada por la Dirección de Certificación de Semillas que detalla el Formulario de Descripción para el Registro de Variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) fueron evaluados los siguientes descriptores cualitativos: color del coleóptilo; hábito predominante de crecimiento; color de la lígula; forma de la lígula; color de las aurículas; resistencia de las aurículas al desprendimiento; color de las hojas; vellosidad de las hojas; posición del ápice de la primera hoja por debajo de la hoja bandera; porte de la hoja bandera; color de la vaina de la hoja; color del nudo; color del entrenudo; color del anillo subnodal; color de las glumas; color del estigma; color del ápice de la lemma y la pálea; color de la lemma y la pálea; pubescencia de la lemma y la pálea; color del ápice del grano apical de la panícula; color del grano apical de la panícula; tamaño de las aristas; tipo de aristado predominante de los granos; densidad de la panícula; emergencia de la panícula; fertilidad de la panícula; desgranado de la panícula; longevidad foliar; resistencia al acame y respuesta al fotoperíodo. Además, los descriptores cuantitativos longitud del mesocotilo (cm); longitud del coleóptilo (cm); capacidad de ahijamiento; número de hojas muertas; longitud de la hoja bandera (cm); ancho de la hoja bandera (cm); longitud de la hoja por debajo de la hoja bandera (cm); ancho de la hoja por debajo de la hoja bandera (cm); longitud de la lígula (mm); ciclo en días a la madurez; altura de la planta (cm); longitud del grano (mm); ancho del grano (mm); relación largo ancho del grano; espesor del grano (mm); masa de 1000 granos (g); número de granos no aristados en una muestra de 1000; longitud de la panícula; granos estériles en el ápice de la panícula; granos por panícula; rendimiento agrícola (t ha<sup>-1</sup>); panículas por metro cuadrado y rendimiento industrial (% de granos enteros) en muestras de 1 kg de arroz cáscara.

Con todos los datos cuantitativos obtenidos se realizó un análisis de correlación múltiple y con el rendimiento agrícola e industrial, las panículas por metro cuadrado, los granos por panícula, la masa de 1000 granos, la longitud de la panícula, la capacidad de ahijamiento, los días a la madurez, la longitud, ancho y espesor del grano, un Análisis Multivariado de Clasificación Automática (Conglomerados). Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 22 sobre Windows.

**Tabla 1.** Cultivares cubanos de arroz obtenidos por el INCA en el período 1984-2020

Cultivares	Método de mejora	Progenitores	Tomado de
1. Amistad '82	Hibridaciones	IR 1529-430/VNIIR 3223	<a href="https://pascal-francois.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&amp;id=8129744">https://pascal-francois.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&amp;id=8129744</a>
2. INCA LP-1	Hibridaciones	J-104/Amistad '82	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218114009.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218114009.pdf</a>
3. INCA LP-2	Hibridaciones	IR 759-54-2-2/6066	<a href="https://ftp.inca.edu.cu/revista/1998/3/CT19314.pdf">https://ftp.inca.edu.cu/revista/1998/3/CT19314.pdf</a>
4. INCA LP-3	Hibridaciones	Cica 8/CP <sub>1</sub> C <sub>8</sub>	Pérez, Noraida Libro registro de cruzamientos UCTB INCA Los Palacios
5. INCA LP-4	Hibridaciones	6066/IR 759-54-2-2	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218221013.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218221013.pdf</a>
6. INCA LP-5	Hibridaciones	2077/ICP <sub>1</sub> C <sub>8</sub>	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230160011.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230160011.pdf</a>
7. INCA LP-6	Hibridaciones	2077/ICP <sub>1</sub> C <sub>8</sub>	<a href="https://www.researchgate.net/profile/Perez-Noraida-De-Jesus/publication/325320136_INCA-LP-6_NUEVA_VARIEDAD_DE_ARROZ_DE_CICLO_CORTO_PARA_LA_PROVINCIA_DE_PINAR_DEL_RIO/links/5b0576b07e9b1ed7e8128e/INCA-LP-6-NUEVA-VARIEDAD-DE-ARROZ-DE-CICLO-CORTO-PARA-LA-PROVINCIA-DE-PINAR-DEL-RIO.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Perez-Noraida-De-Jesus/publication/325320136_INCA-LP-6_NUEVA_VARIEDAD_DE_ARROZ_DE_CICLO_CORTO_PARA_LA_PROVINCIA_DE_PINAR_DEL_RIO/links/5b0576b07e9b1ed7e8128e/INCA-LP-6-NUEVA-VARIEDAD-DE-ARROZ-DE-CICLO-CORTO-PARA-LA-PROVINCIA-DE-PINAR-DEL-RIO.pdf</a>
8. INCA LP-7	Cultivo somático	Amistad '82	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218120013.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218120013.pdf</a>
9. INCA LP-9	Cultivo somático	Amistad '82	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230161009.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230161009.pdf</a>
10. INCA LP-10	Cultivo somático	Amistad '82	<a href="http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?">http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?</a> <a href="http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?">http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?</a> IsisScript=GREYLIT.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=019317
11. INCA LP-11	Hibridaciones	IR 1529-430/IR 759-54-2-2	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217894009.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217894009.pdf</a>
12. Anays LP-14	Cultivo <i>in vitro</i> de anteras	Amistad '82/IR 759-54-2-2	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/15934010.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/15934010.pdf</a>
13. Roana LP-15	Hibridaciones	8073/IR 759-54-2-2/J-104	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/17894009.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/17894009.pdf</a>
14. Ginés LP-18	Cultivo somático	J-104	<a href="http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362009000300015&amp;script=sci_abstract&amp;lng=en">http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362009000300015&amp;script=sci_abstract&amp;lng=en</a>
15. Guillemar LP-19	Hibridaciones	Amistad '82/INCA LP-7	<a href="http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0258-59362014000100012">http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0258-59362014000100012</a>
16. José LP-20	Hibridaciones	Amistad '82/J-112	<a href="http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0258-59362015000200012">http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0258-59362015000200012</a>
17. Eduar LP-21	Cultivo <i>in vitro</i> de anteras	INCA LP-10/C4 153	Eduar LP-21: Nuevo cultivar de arroz (Oryza sativa L.) obtenida por cultivo <i>in vitro</i> de anteras, tolerante a los bajos suministros de agua
18. INCA LP-22	Cultivo <i>in vitro</i> de anteras	Amistad '82/2077	<a href="https://elfosscientiae.cigb.edu.cu/PDFs/Biotecnol%20Apl/2016/33/3/BA003303EN3401-3405.pdf">https://elfosscientiae.cigb.edu.cu/PDFs/Biotecnol%20Apl/2016/33/3/BA003303EN3401-3405.pdf</a>
19. INCA LP-23	Cultivo <i>in vitro</i> de anteras	INCA LP-1/Tetep	<a href="https://elfosscientiae.cigb.edu.cu/PDFs/Biotecnol%20Apl/2016/33/3/BA003303EN3401-3405.pdf">https://elfosscientiae.cigb.edu.cu/PDFs/Biotecnol%20Apl/2016/33/3/BA003303EN3401-3405.pdf</a>

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los caracteres cualitativos evaluados (Tabla 2), mostraron homogeneidad para 11 de ellos, ya que todos los cultivares poseen el coleóptilo verde claro, las glumas, el ápice, la lemma y la pálea de los granos de color paja, la forma de la lígula hendida, las aurículas caedizas, longevidad foliar lenta y son resistentes al acame e insensibles al fotoperíodo.

El acame de los tallos es un carácter indeseable al cual prestan mucha atención los mejoradores, ya que cambia la distribución de las hojas en las plantas, lo que provoca auto sombreado; además, interrumpe el transporte de los nutrientes, con la consiguiente esterilidad y, finalmente, la reducción del rendimiento. Este carácter tiene una base genética muy amplia que controla no sólo la resistencia, sino también los factores y los caracteres de los que depende: la altura de la planta, la absorción diferencial del silicio y potasio, el espesor de las paredes celulares y de los tejidos del tallo,

el ahijamiento, el desarrollo total, en superficie y en profundidad del sistema radicular, junto con los factores edafoclimáticos y nutritivos propios del terreno de cultivo (12).

La insensibilidad al fotoperíodo permite disponer de mayor flexibilidad en la elección de la fecha de siembra, aunque es importante tener en cuenta que en una variedad insensible al fotoperíodo, la temperatura determina el ciclo de vida de la planta: si la temperatura es alta, la variedad florece más rápido y si es baja ocurre lo contrario.

El color verde oscuro de los entrenudos diferencia al cultivar INCA LP-5 del resto, que mostró el verde claro, algo similar ocurre con el color blanco de la lígula, que está presente sólo en INCA LP-22 e INCA LP-23, así como el nudo verde claro de Amistad'82 y Eduar LP-21. Las aurículas, las hojas, sus vainas y el estigma, mostraron tres colores diferentes y cuatro el anillo subnodal, pero sólo Amistad'82 posee el anillo subnodal blanco, Anays

**Tabla 2.** Caracteres cualitativos evaluados a 19 cultivares cubanos de arroz obtenidos por el INCA en el período 1984-2020

Carácter	Descriptor	Cant <sup>1</sup>	Descriptor	Cant	Descriptor	Cant	Descriptor	Cant
Color del coleóptilo	Verde Claro	19						
Hábito de crecimiento	Erecto	14	Semi-erecto	5				
Color de la lígula	Amarillo pálido	17	Blanco	2				
Forma de la lígula	Hendida	19						
Color de las aurículas	Amarillo pálido	11	Blanco	5	Verde Claro	3		
Resistencia de las aurículas al desprendimiento	Caedizas	19						
Color de las hojas	Verde oscuro	11	Verde	7	Verde claro	1		
Vellosidad de las hojas	Intermedia	17	Lisa	2				
Posición del ápice de la primera hoja por debajo de la hoja bandera	Erecto	17	Semi-erecto	2				
Porte de la Hoja Bandera	Erecto	16	Semi-erecto	3				
Color de la vaina de la hoja	Verde oscuro	8	Verde	6	Verde claro	5		
Color del nudo	Amarillo	17	Verde Claro	2				
Color del entrenudo	Verde Claro	18	Verde oscuro	1				
Color del anillo subnodal	Verde Claro	11	Verde	5	Amarillo pálido	2	Blanco	1
Color de las glumas	Paja	19						
Color del estigma	Amarillo pálido	11	Blanco	6	Amarillo	2		
Color del ápice de la lemma y pálea	Paja	19						
Color de la lemma y pálea	Paja	19						
Pubescencia de la lemma y la pálea	Media	18	Vellosa	1				
Color del ápice del grano apical	Paja	19						
Color de la lemma y pálea del grano apical	Paja	19						
Tamaño de las aristas	Ausente	13	Corta	6				
Tipo de aristado predominante de los granos	Ausente	13	< 50% <sup>2</sup>	6				
Densidad de la panícula	Intermedia	13	Compacta	6				
Emergencia de la panícula	Emergida	17	M Emergida <sup>3</sup>	2				
Fertilidad de la panícula	Muy fértil	10	Fértil	9				
Desgranado de la panícula	Resistente	15	Intermedio	4				
Longevidad foliar	Lenta	19						
Resistencia al acame	Resistentes	19						
Respuesta al fotoperíodo	Insensible	19						

<sup>1</sup>Cantidad de cultivares que mostraron el descriptor

<sup>2</sup>Aristas presentes en menos del 50 % de los granos

<sup>3</sup>Moderadamente emergidas

LP-14 las hojas de color verde claro y el estigma amarillo INCA LP-4 e INCA LP-10.

Otros caracteres distintivos fueron las hojas lisas de INCA LP-6 e INCA LP-9, la lemma y la pálea vellosa de Eduar LP-21, la posición semi erecta del ápice de la primera hoja, por debajo de la hoja bandera de INCA LP-6 y Roana LP-15 y las panículas moderadamente emergencias de INCA LP-7 e INCA LP-11.

Según la literatura consultada, la presencia de pelos sobre las hojas se debe a dos genes dominantes  $Hl_a$  y  $Hl_b$ , mientras que, el carácter glabro de las glumillas está controlado por el gen recesivo  $gl$  y la vellosidad por el dominante  $H_g$  (12). La mayoría de los cultivares mostraron un comportamiento intermedio para ambos caracteres, lo que pudiera indicar que son heterocigóticos para dichos genes.

Predomina el hábito de crecimiento, la posición del ápice de la primera hoja por debajo de la hoja bandera y el porte de la hoja bandera, erectos, así como la panícula emergida.

Generalmente, en el proceso de mejoramiento, la selección se dirige hacia plantas con hábitos de crecimiento erecto e intermedio, ya que este porte mejora el potencial fotosintético y contribuye al aumento del rendimiento, del mismo modo las hojas erectas también contribuyen a la fotosíntesis, debido a que permiten que penetre mejor la luz solar en el follaje.

Las panículas deben emerger completamente de la vaina de la hoja bandera, característica que permite evitar la acumulación de humedad en el cuello, que pudiera favorecer la aparición y desarrollo de enfermedades. Los factores ambientales principalmente las bajas temperaturas y las enfermedades fungosas pueden contribuir a este defecto, aunque se considera comúnmente como una causa genética.

De los 19 cultivares evaluados, seis presentaron aristas, dentro de ellos Amistad'82, el que al parecer es quien aporta este carácter a los cultivares INCA LP-1, INCA LP-9 e INCA LP-10. También presentan aristas INCA LP-6 y Roana LP-15, pero cabe destacar que en todos los casos son cortas y en menos del 50 % de los granos. En este sentido, sólo cuando las aristas son largas y en la mayoría de los granos, se considera una característica indeseable porque son duras, persistentes e inconvenientes para el desgrane y la molinería. Su presencia está condicionada por tres genes dominantes, donde los recesivos producen genotipos absolutamente móticos, mientras que la interacción entre ellos determina un grado diferente de longitud, por su parte la influencia de los factores climáticos regula la amplitud del fenómeno, tanto en longitud como en intensidad (12).

Se apreció muy buen comportamiento en todos los cultivares para la densidad y la fertilidad de la panícula, lo que nos indica la capacidad de la planta para fertilizar y llenar los granos y proporciona una medida indirecta del rendimiento. Similar comportamiento ofreció el desgrane de la panícula, carácter que tiene gran importancia económica y es uno de los principales objetivos del mejoramiento genético.

En la **Tabla 3**, se muestra la asociación entre los caracteres cuantitativos evaluados. Se presenta correlación positiva y significativa entre el rendimiento y los granos por panícula, componente que es considerado por muchos autores, como marcador para la selección, en generaciones tempranas, de cultivares de alto rendimiento.

Resultados similares fueron obtenidos por otros autores, aunque ellos también encontraron correlación del rendimiento con las panículas por metro cuadrado y la masa de 1000 granos (13). El rendimiento agrícola y sus componentes son regulados por múltiples genes y el ambiente ejerce una fuerte influencia sobre ellos (13,14).

En cuanto a las dimensiones del grano, el espesor presentó una correlación fuerte y positiva con el rendimiento, mientras que para la relación largo:ancho fue negativa; o sea, que los granos largos y anchos son los que aportaron mayor rendimiento agrícola. Por su parte, el rendimiento industrial expresado en porcentaje de granos enteros, no presentó relación con ellos. Superar la calidad industrial del cultivar J-104, predominante en la producción arrocería cubana hasta el año 2000, ha sido objeto del programa de mejoramiento, a través del cual se originaron los cultivares evaluados, en los que este carácter oscila en un rango entre 50-60 porcentaje de enteros.

El ciclo, expresado en días a la madurez, se correlacionó con la longitud de las hojas, de las panículas y de la lígula, pero no con el rendimiento, ni sus componentes, lo que pudiera estar relacionado con el hecho de que la muestra evaluada se compone de cultivares con un ciclo en el rango de 123 a 142 días. 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. No obstante, combinar el carácter de precocidad con niveles óptimos de macollamiento, vigor y rendimiento es un desafío fascinante para los fitomejoradores (12).

El largo y ancho de las hojas, así como el largo y ancho de los granos mostraron correlaciones entre ellos; también, el ancho de la hoja bandera con la altura de la planta, la longitud de las hojas con la longitud de las panículas, semillas no aristadas con el ancho del grano, la longitud del mesocotilo con la altura de la planta, la longitud del coleóptilo con el espesor del grano y de manera negativa, los granos estériles en el ápice de la panícula con su longitud, la longitud del mesocotilo con el rendimiento industrial y la longitud del coleóptilo con la capacidad de ahijamiento.

Algunas de estas relaciones aparecen en la literatura consultada, no así, las relacionadas con la longitud del mesocotilo y coleóptilo, por lo que sería conveniente comprobar este resultado en futuros trabajos, ya que ambos caracteres pueden constituir marcadores de

**Tabla 3.** Matriz de correlaciones fenotípicas de los caracteres cuantitativos evaluados a 19 cultivares cubanos de arroz obtenidos por el INCA en el período 1984-2020

	LC	CA	HM	LHB	AHB	LH	AH	LL	DM	AP	LG	AG	RLA	EG	MG	GNA	LP	GE	GP	RA	PM	RI
LM	-0,11	-0,19	0,24	0,26	-0,16	0,002	0,1	0,25	-0,08	0,55*	-0,09	0,01	-0,13	-0,15	0,03	-0,12	0,14	0,35	0,25	0,02	-0,29	-0,64**
LC		-0,54*	-0,22	-0,03	0,17	0,34	0,09	0,5*	0,45	-0,10	0,34	0,41	-0,11	0,57*	0,32	0,31	0,33	-0,29	0,15	0,31	-0,31	-0,08
CA			-0,28	-0,15	-0,05	-0,06	-0,09	-0,37	-0,03	-0,21	-0,23	0,04	-0,09	-0,13	-0,01	0,14	-0,06	-0,29	-0,11	-0,08	0,24	0,30
HM				0,02	-0,08	-0,2	0,28	-0,38	-0,32	0,24	0,04	-0,38	0,28	-0,48*	-0,4	-0,24	-0,22	0,41	-0,16	-0,19	-0,27	-0,31
LHB					0,35	0,53*	0,46*	0,28	0,02	-0,28	0,03	-0,34	0,39	0,02	-0,13	-0,22	0,42	0,05	0,1	-0,12	-0,08	0,14
AHB						0,23	0,28	-0,27	-0,34	-0,56*	0,03	-0,01	0,22	0,41	0,11	-0,15	0,08	-0,12	0,05	-0,042	-0,11	0,03
LH							0,78**	0,35	0,52*	-0,16	0,27	-0,28	0,47*	0,2	0,38	0,21	0,54*	-0,41	0,36	0,31	0,10	0,39
AH								-0,01	0,3	-0,08	0,17	-0,37	0,48*	0,03	0,30	0,13	0,39	-0,07	0,27	0,28	0,08	0,11
LL									0,48*	0,23	0,35	-0,02	0,11	0,05	0,36	0,01	0,41	-0,06	0,01	-0,02	-0,17	-0,1
DM										-0,12	0,29	0,15	0,05	0,06	0,44	0,41	0,48*	-0,25	-0,11	0,18	-0,12	0,08
AP											0,09	-0,25	0,02	-0,29	0,004	-0,3	-0,33	0,33	0,21	0,01	0,04	-0,41
LG												-0,21	0,64**	-0,06	0,41	-0,12	0,07	0,05	-0,04	-0,45	-0,09	
AG													-0,84**	0,54*	0,2	0,55*	0,25	-0,28	0,11	0,39	-0,08	-0,25
RLA														-0,34	0,05	-0,44	-0,04	0,13	-0,09	-0,49*	-0,19	0,23
EG															0,27	0,33	0,24	-0,27	0,44	0,58**	-0,11	0,06
MG																0,39	0,15	-0,01	0,12	0,22	0,1	-0,14
GNA																	0,37	-0,29	0,43	0,67**	0,13	0,29
LP																		-0,53*	0,30	0,32	-0,25	0,08
GE																			-0,18	-0,32	-0,15	-0,39
GP																				0,64**	0,13	0,24
RA																					0,32	0,22
PM																						0,46*

LM-Longitud del mesocotilo, LC-Longitud del coleóptilo, CA-Capacidad de ahijamiento, HM-Número de hojas muertas, 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, LL-Longitud de la ligula, DM-Ciclo en días a la madurez, AP-Altura de la planta, LG-Longitud de la semilla, AG-Ancho del grano, RLA-Relación largo:ancho del grano, MG-Espesor del grano, EG-Espesor de granos no aristados en una muestra de 1000, LP-Longitud de la panícula, GE-Número de granos estériles en el ápice de la panícula, GP-Número de granos en la panícula, RA-Rendimiento Agrícola, PM-Panículas por m<sup>2</sup>, RI-Rendimiento industrial

selección en épocas tempranas, de importantes componentes del rendimiento.

Sobre la base de la clasificación automática (conglomerados), se agruparon los cultivares en nueve clases (Tabla 4) y se destacó la clase siete con cinco cultivares (INCA LP-5, Anays LP-14, Roana LP-15, INCA LP-22 e INCA LP-23), que promediaron el rendimiento agrícola más alto, así como la mayor cantidad de panículas por metro cuadrado.

A pesar de haber sido superados por los presentes en otras clases, para los caracteres rendimiento industrial, granos por panícula, masa de 1000 granos, ancho y espesor del grano, los valores alcanzados fueron también altos. Debido a su excelente comportamiento en diferentes condiciones de suelo y clima, el cultivar INCA LP-5 ha permanecido en la producción arrocería cubana durante 20 años; por su parte, Anays LP-14 y Roana LP-15, no han sido muy extendidos en empresas estatales, pero sí bien aceptados en el sistema cooperativo campesino. Los dos restantes, INCA LP-22 e INCA LP-23 se encuentran en fase de extensión.

De los cinco cultivares presentes en esta clase, cuatro poseen un ciclo corto entre 127 y 128 días, sólo Roana LP-15 es de ciclo medio, con 135 días hasta la madurez del grano, sus rendimientos superan las 7,5 t ha<sup>-1</sup>, con más de 450 panículas por metro cuadrado y más de 135 granos por panículas. Por su parte, al analizar la procedencia se aprecia (Tabla 1) que, utilizados indistintamente como madre y padre, comparten muchos de sus progenitores; por ejemplo, Amistad '82 está presente en Anays LP-14, INCA

LP-22 e INCA LP-23; además, 2077 se utilizó como madre en el cruce que originó a la INCA LP-5 y como padre en INCA LP-22 y, por último, IR 759-54-2-2 está presente en Anays LP-14 y Roana LP-15.

De manera general, se aprecian rangos de variación en todos los caracteres, de esta forma, el rendimiento agrícola se mueve entre 5,1 y 7,8 t ha<sup>-1</sup> y el rendimiento industrial entre 51 y 58,8 porcentaje de granos enteros una vez molinados. Por su parte, los componentes panículas por metro cuadrado y granos llenos por panícula, mostraron variabilidad en todas las clases y valores altos, lo que se corresponde con los rendimientos agrícolas.

Los cultivares ubicados en las clases I, III y IV poseen la mayor capacidad de ahijamiento, con 25, mientras que en la clase II se ubica INCA LP-9 con el valor más bajo. INCA LP-7, INCA LP-9 e INCA LP-10, obtenidos todos a partir del cultivo *in vitro* de semillas de Amistad '82 (10), somaclones que presentan tolerancia a la salinidad y sequía, se ubicaron en tres clases diferentes, con diferencias marcadas en la capacidad de ahijamiento, el ciclo y el rendimiento industrial. De ellos INCA LP-7 es el cultivar que ha alcanzado una mayor introducción en la producción arrocería nacional y, aunque el objetivo de la mejora fue utilizarlo en suelos con presencia de sales, ha mostrado muy buen comportamiento en condiciones de aniego en diferentes localidades del país (15).

INCA LP-2 e INCA LP-4 comparten los mismos progenitores y Guillemar LP-19 y José LP-20 tienen como madre al cultivar Amistad '82, todos ellos junto a INCA LP-3 y Ginés LP-18 se ubican en la clase IV. INCA LP-2 e

**Tabla 4.** Valores medios de los caracteres evaluados en cada clase establecida sobre la base de la diversidad existente

Caracteres	Clases								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Rendimiento Agrícola	5,1	7,1	6,8	7,4	7,5	7,2	7,8	7,1	7,5
Rendimiento industrial	58,2	51	55,5	57,1	56	54,5	58,6	58,8	52
Panículas por m <sup>2</sup>	425	400	436	412	405	393	484	357	333
Granos en la panícula	112	129	105	137	156	128	137	123	135
Masa de 1000 granos	28	28	30	30,9	30	31	30,1	27	30
Longitud de la panícula	23	24,3	25,5	26,5	25,9	25,6	24,1	23	25,7
Capacidad de ahijamiento	25	10	25	18	25	20	21	19	19
Días a la madurez	126	123	142	133	125	128	129	125	140
Longitud del grano	10,6	10	10,1	10,3	10,6	10,2	9,7	10,1	10,1
Ancho del grano	2,2	2,4	2,8	2,6	2,3	2,8	2,6	2,5	2,8
Espesor del grano	1,2	1,5	1,3	1,6	1,3	1,6	1,5	1,5	1,7
Efectivos	1	1	1	6	1	2	5	1	1
Genotipos	Amistad '82	INCA LP-9	INCA LP-1	INCA LP-2 INCA LP-3 INCA LP-4 Ginés LP-18 Guillemar LP-19 José LP-20	INCA LP-11	INCA LP-10 Eduar LP-21	INCA LP-5 Anays LP-14 Roana LP-15 INCA LP-22 INCA LP-23	INCA LP-6	INCA LP-7

INCA LP-4 han mostrado buen comportamiento y aceptación en áreas del sector cooperativo campesino (16) y recientemente se introducen en áreas estatales Ginés LP-18 y Guillemar LP-19.

## CONCLUSIONES

- De los 30 caracteres cualitativos evaluados, 11 fueron homogéneos y 10 fueron distintivos de algunos cultivares, dentro de ellos el color de la lígula, las hojas, el nudo, el entrenudo, el anillo subnodal, el estigma, así como la posición del ápice de la primera hoja por debajo de la hoja bandera, la pubescencia de la lemma y la pálea, la vellosidad de la hoja y la emergencia de la panícula.
- Existe asociación entre varios caracteres cuantitativos evaluados, dentro de ellos se correlacionan positiva y significativamente el rendimiento y uno de sus componentes, los granos por panícula, también, la longitud del mesocotilo y el coleóptilo con el rendimiento industrial y la capacidad de ahijamiento, respectivamente.
- Se aprecian rangos de variación en todos los caracteres cuantitativos evaluados y aunque los cultivares obtenidos están genéticamente relacionados, se diferencian fenotípicamente en caracteres cualitativos y cuantitativos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Haghshenas H, Soltani A, Malidarreh AG, Norouzi HA, Dastan S. Selecting the ideotype of improved rice cultivars using multiple regression and multivariate models. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2020;66(8):1134-53. doi:10.1080/03650340.2019.1658866
2. Debouck DG. ¿Es imparable la erosión de genes y de conocimientos tradicionales?[Internet] En: Conferencia invitada en la Asignatura Agrobiodiversidad II. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, distanceeducation. Alliance Biodiversity-CIAT, 45sl [Internet]. 2020; Available from: <http://cgspace.cgiar.org>
3. Pérez H, Rodríguez I. Cultivos tropicales de importancia económica en Ecuador (arroz, yuca, caña de azúcar y maíz) Tomo I. Ediciones UTMACH, Universidad Técnica de Machala, Ecuador. 2018. 242p.
4. Mastretta-Yanes A, Bellon MR, Acevedo F, Burgeff C, Piñero D, Sarukhán J, et al. Un programa para México de conservación y uso de la diversidad genética de las plantas domesticadas y sus parientes silvestres. *Revista fitotecnica mexicana*. 2019;42(4):321-34.
5. Pérez-Almeida IB, Torres EA, Graterol LRA, Barona MAA. Diversidad genética entre cultivares de arroz de Venezuela con base a la estimación del coeficiente de parentesco y análisis con marcadores moleculares microsatélites (SSR). *Interciencia*. 2011;36(7):545-51.
6. Muhamad K, Ebana K, Fukuoka S, Okuno K. Genetic relationships among improved varieties of rice (*Oryza sativa* L.) in Indonesia over the last 60 years as revealed by morphological traits and DNA markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2017;64(4):701-15. doi:10.1007/s10722-016-0392-1
7. Hernández A, Pérez J, Bosch D, Castro N. Clasificación de los suelos de Cuba 2015, edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2015. 93p.
8. González MC, Pérez N, Cristo E. Gines: primer mutante de arroz obtenido a partir de la irradiación con protones. *Cultivos Tropicales*. 2009;30(3):59-59.
9. Cristo Valdés E, González MC, Pérez León N. Eduar LP-21. Nuevo cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenida por cultivo in vitro de antera, tolerante a los bajos suministros de agua. *Cultivos Tropicales*. 2015;36(número especial):134.
10. González MC. Uso de la variación somaclonal en el mejoramiento genético para la tolerancia a la salinidad en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). [Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas]; 1998. 100 p.
11. MINAG. Modificaciones al Instructivo Técnico para el cultivo del arroz. Instituto de Investigaciones del Arroz La Habana; 2019. 30 p.
12. Franquet BJM, Borrás-Pamies C. Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa* L.). Universitat Internacional de Catalunya. Escola. España: cited; 2020. 249-270 p.
13. Rivera RM, Solís SHD. Asociación de caracteres en colección de recursos fitogenéticos de arroz en Los Palacios. *Avances*. 2019;21(1):22-31.
14. Arain SM, Sial MA, Jamali KD, Laghari KA. Grain yield performance, correlation, and luster analysis in elite bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. *Acta Agrobotanica* [Internet]. 2018 [cited 10/11/2022];71(4). Available from: <https://bibliotekanauki.pl/articles/27445>
15. Morales-Sola L, Pulido-Delgado LE. Evaluación agroproductiva de cuatro cultivares de arroz (*oryza sativa* l.) en la zona manga larga, municipio bolivia, provincia iego de Ávila. *Universidad & ciencia*. 2017;6(3):105-20.
16. Pérez León N de J, González Cepero MC, Cristo Valdés E, Díaz Solís SH, Díaz Valdés EC, Blanco Reinoso G. Cultivares Cubanos de Arroz [Internet]. La Habana; 2018 [cited 10/11/2022]. 25 p. Available from: <https://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/1477/1/Cultivares%20cubanos%20de%20arroz.pdf>