

Arroz: Implicancia del peso específico de granos en la calidad de semillas

Gómez Ibarra, R.A.¹; Kruger, R.D.^{1,2}; Pachecoy, M.I.²;

Herber, L.G.² & Fontana, M.L.^{1,2*}

RESUMEN

El tamaño y peso específico (PE) de semillas incide en su calidad y, en arroz, sus variaciones explican diferencias. Con el objeto de relacionar variables morfométricas con parámetros de calidad fisiológica, se evaluó largo, ancho, peso de 1000 semillas, poder y energía germinativa, stand y vigor de plantas en 4 cultivares de arroz fraccionados por PE. La distribución porcentual de las categorías de PE difiere entre cultivares. Las semillas oscilaron entre 9,30-10,50 mm de largo y 2,41-2,75 mm de ancho encontrándose efectos significativos del cultivar y el PE. En el peso de 1000 semillas, PAC 103 sobresalió por su mayor masa y se evidenció un gradiente según la categoría de PE. El poder germinativo, porcentaje de plantas normales, anormales y semillas no germinadas, energía germinativa y stand de plantas fueron afectados por el PE. La fracción de semillas con $PE < 1.14 \text{ g/cm}^3$ presentó un peor desempeño en dichos parámetros.

Palabras clave: calidad fisiológica, gravedad específica, vigor.

1.- Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional del Nordeste. Sgto. Cabral 2131. (3400) Corrientes Capital. Argentina.

2.- Estación Experimental Agropecuaria Corrientes - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Ruta Nacional 12 Km. 1008, Empedrado – Corrientes. Argentina.

*Autor de correspondencia (CA): fontana.maria@inta.gob.ar

Manuscrito recibido el 14 de mayo de 2021 y aceptado para su publicación el 8 de julio de 2021.

ABSTRACT

Specific gravity in rice grains: its implication on seeds quality.

Size and specific gravity (SG) of seeds affects their quality and, in rice, these variations explain differences. In order to relate morphometric variables with physiological quality parameters, length, width, weight of 1000 seeds, germinating power and energy, plant stand and vigor were evaluated in 4 rice cultivars fractionated by SG. The percentage distribution of SG categories differs between cultivars. The seeds ranged between 9.30-10.50 mm in length and 2.41-2.75 mm in width, with significant effects of cultivar and SG. In 1000 seeds weight, PAC 103 stood out for its greater mass and a gradient was evidenced according to the SG category. Germinating power, percentage of normal and abnormal plants and ungerminated seeds, germination energy and plant stand were affected by SG. Seeds with PE <1.14 g/cm³ showed a worse performance in these parameters.

Key words: physiological quality, specific gravity, vigor.

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es un cereal base para la alimentación de más de la mitad de la población mundial. La producción global de arroz cáscara en 2020 se estableció en 493.790 millones de toneladas (WAPnet, 2020). En el litoral argentino este cultivo integra una economía regional, resultando más importante en las provincias que, por cuestiones ecológicas, no cuentan con grandes superficies cultivadas con otras especies anuales. A nivel nacional, en la campaña 2019/20 nuestro país produjo 1.22 millones de toneladas en las provincias de Corrientes (49%), Entre Ríos (33%), Santa Fe (12%), Chaco (2%) y Formosa (4%) (SAGyP, 2020).

En la producción agrícola, el establecimiento del cultivo es fundamental pues incide directamente en el stand de plantas a cosecha y condiciona su performance durante todo el ciclo. En este sentido, Gregori *et al.* (2011) mencionan que la eficiencia de implantación responde a diversos factores, entre ellos, a la calidad de la semilla que

se siembra y, especialmente, al vigor de las mismas.

Las semillas son el punto de partida para la producción y es indispensable que tengan una buena respuesta en las condiciones de siembra y produzcan plántulas vigorosas para alcanzar el máximo rendimiento (Doria, 2010). Entre los factores que determinan la calidad se encuentran los genéticos, físicos, fisiológicos y fitosanitarios (França-Neto, 2016). Si bien ISTA (1999) considera principalmente la pureza, otros aspectos físicos como el peso y el tamaño de cada semilla afectan el desempeño de las mismas. Las variaciones en el peso de diferentes variedades de arroz a igual volumen usualmente explican diferencias en la calidad fisiológica de la semilla (IRRI, 1987).

Los efectos del tamaño y el peso específico de las semillas sobre su vigor han sido de interés para la investigación (Hoy y Gamble, 1985). Cerovich *et al.* (2004) encontraron que, al separar por peso específico, las semillas con pesos menores mostraron inferior calidad física y fisiológica. Ramanadane y Ponnuswamy (2007) señalaron

que los parámetros de calidad fisiológica de las semillas podrían mejorarse significativamente mediante métodos específicos de separación por gravedad ya que las semillas de densidad media y alta fueron mejores en la germinación y el vigor. Apoyando esta tesis, Roy *et al.* (2008) revelaron que en el cultivo de arroz la tasa de germinación y los valores del índice de vigor de las plántulas aumentaron con el incremento del tamaño de las semillas, lo que sugiere la selección de semillas más grandes para un buen establecimiento.

Si bien, como se expuso previamente, se dispone de información sobre el efecto del peso específico en la calidad de las semillas de arroz, no se conoce el comportamiento de cultivares locales. El presente trabajo se planteó el objetivo de determinar la influencia de variables morfométricas de semillas sobre parámetros de calidad fisiológica de las mismas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se trabajó con 3 variedades comerciales: EMBRAPA 7 TAIM, IRGA 424 y PUITA INTA CL, y una línea promisorio: PAC 103; todos ellos de ciclo intermedio y grano tipo largo fino. Las determinaciones se realizaron sobre semillas tomadas aleatoriamente de muestras compuestas y aventadas provenientes del ensayo regional de cultivares de arroz (campaña 2018/19) implantado en la EEA INTA Corrientes. Cada muestra de 500 g se separó a través de la metodología con sacarosa (Hoy y Gamble, 1985) y se determinó la distribución porcentual de cada cultivar en las 4 fracciones consideradas: PE₁ (<1.14 g/cm³), PE₂ (1.14-1.18 g/cm³), PE₃ (1.19-1.23 g/cm³) y PE₄ (>1.23 g/cm³).

El testigo correspondió a la muestra original sin fraccionamiento. Si bien los materiales estudiados no presentan dormición (líneas/cultivares modernos), a fin de evitar los efectos de esta característica biológica de las semillas, todas las pruebas de calidad fisiológica se llevaron a cabo luego de 120 días de la cosecha de los materiales.

Determinación de la morfometría de semillas

Biometría: se registraron la longitud y el ancho conforme a lo sugerido por Bravato (1974). Se midieron 25 semillas/cultivar/PE mediante el uso de un calibre digital de 0.1 mm de precisión.

Peso de 1000 semillas (P1000): según las normas ISTA (1999). Se empleó una balanza de precisión OHAUS YS series y se registró el valor en gramos con 1 cifra decimal.

Determinación de la calidad fisiológica de las semillas

Poder germinativo (PG): se siguió el método “sobre papel” (ISTA, 1999) para 4 repeticiones de 25 semillas. Se incubaron a 25 °C (temperatura constante) luego de la aplicación de un fungicida a base de Carboxin 200 g i.a./L + Thiram 200 g i.a./L (Vitavax® Flo) al 0.5%. Se tomó registro a los 5 y 15 días después de la siembra, informando como PG al porcentaje de semillas que concluyó con las etapas del proceso germinativo (imbibición a protrusión). A fines descriptivos se discriminó en la última observación el porcentaje de plantas normales, plantas anormales y semillas no germinadas según las categorías definidas para monocotiledóneas por ISTA (1999).

Energía germinativa (EG): el porcentaje de semillas germinadas (radícula/coleóptilo emergido) en relación con el número total de semillas evaluadas se registró al 4to día

luego de la siembra (Ruan *et al.*, 2002). Se realizaron 4 repeticiones de 25 semillas cada una siguiendo la metodología empleada en la determinación de PG.

Stand de plantas: número de plantas establecidas a los 15 días después de la emergencia.

Vigor vegetativo: a los 25 días después de la siembra, según la escala IRRI (2013).

Para la determinación del stand y vigor se sembraron manualmente 25 semillas/maceta (0.53 m largo x 0.18 m ancho x 0.14 m profundidad) con suelo como sustrato. Se realizó un riego de asiento y, cuando las plantas contaron con 4 hojas, las macetas se colocaron en piletas de material (3 m x 3 m x 0.5 m de profundidad) con el nivel de agua necesario para lograr una lámina de riego de 50 mm.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se trabajó siguiendo un diseño de tipo factorial (4x4). Los datos fueron tratados estadísticamente con el software Infostat ver-

sión 2015 (Di Rienzo *et al.*, 2005); se los sometió al análisis de la varianza considerando las fuentes de variación cultivar (Cv), peso específico (PE) e interacción Cv*PE y a la Prueba de Di Rienzo, Guzmán y Casanoves (DGC) a un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0.05$). Para la variable PE se analizó la distribución de frecuencia en cada cultivar considerado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución de los granos según su peso específico

La figura 1 muestra que TAIM y PAC 103 presentaron una cantidad considerable de semillas con PE₄, categoría nula o despreciable en las otras variedades. En PUITA e IRGA 424 se determinó la mayor proporción de semillas en PE₂ mientras que en TAIM y PAC 103 la cantidad fue máxima en PE₃. La proporción de semillas en la categoría inferior (PE₁) fue similar en los 4 casos estudiados.

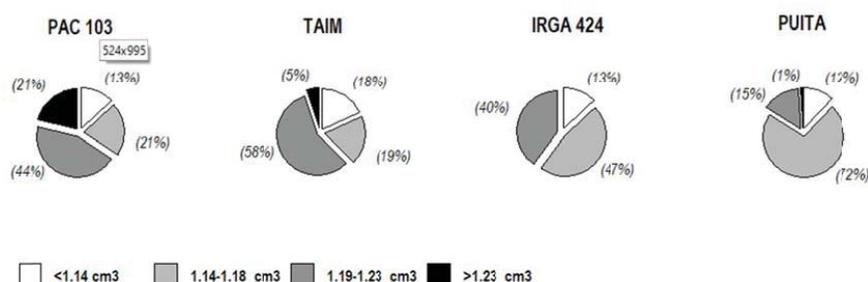


Figura 1. Distribución porcentual de semillas por categoría de peso específico en cuatro cultivares de arroz (TAIM, IRGA 424, PUITA y PAC 103) según su peso específico.

Figure 1. Percentage distribution of seeds by category in four rice cultivars (TAIM, IRGA 424, PUITA and PAC 103) according its specific weight.

Zapata y Ella (1988) mencionan una variación en los porcentajes de las diferentes categorías de PE de variedades de arroz largo fino. Sus resultados indican que, en las variedades evaluadas, aproximadamente el 50% de los granos tienen un PE mayor que 1.2 g/cm^3 . Estos datos se asimilan a los hallados para PAC 103 y TAIM, que presentaron el 50% y más de sus granos en las dos fracciones de PE superiores (PE_4 y PE_3), pero no así para IRGA 424 y PUITA.

Morfometría de semillas

Largo y ancho

Los registros obtenidos coinciden con los publicados por Ortiz Domínguez (1997) y Montoya *et al.* (2007), quienes señalan valores comprendidos entre 8 y 10.4 mm para el largo de grano en variedades largo fino. En cuanto al ancho, resultan ligeramente superiores a los reportados por Ortiz Domínguez (1997) y Rodríguez (2001) que rondan entre 2.16 y 2.53 mm. La discordancia con otras variedades no es de extrañar ya que las dimensiones del grano son atributos genéticos con escasa/nula influencia de las condiciones durante su desarrollo (León y Carreres, 2002). El ANAVA para las variables largo y ancho resultó significativo (p-valor <0.0001) para las fuentes de variación Cv e interacción Cv*PE.

Considerando la fuente de variación Cv, TAIM y PAC 103 integraron un grupo caracterizado por un mayor ancho. En la figura 2A se presentan los datos obtenidos para esta variable. Se verifica que la tendencia en PAC 103, PUITA y TAIM es similar: a medida que aumenta el PE, aumenta el ancho. Por otro lado, IRGA 424 se comporta de manera opuesta ya que las semillas de menor PE resultan las más anchas (y también las más largas).

Esta misma fuente de variación diferenció un gradiente para la variable largo: PUITA presentó las semillas de menor longitud, TAIM e IRGA 424 mostraron una longitud intermedia y, finalmente, PAC 103 se caracterizó por su mayor longitud (Figura 2B).

La tabla 1 presenta el ANAVA particionado por Cv. Se determinó que para la variedad IRGA 424, la separación por PE tuvo efectos significativos sobre el ancho (p-valor <0.0001) y el largo (p-valor 0.0137), resultando las semillas de mayores PE aquellas de menor largo y ancho. Para PAC 103 se evidenció efecto significativo del PE únicamente sobre la variable largo (p-valor 0.0271), diferenciándose las semillas de mayor PE de las del rango PE_2 . En TAIM se vieron efectos significativos sobre el ancho (p-valor 0.0343) diferenciándose las semillas de PE_4 y PE_3 de aquellas PE_2 y, para la variedad PUITA, no se evidenciaron efectos significativos sobre ninguna de las dos variables.

Huang *et al.* (2013) sostienen que la longitud del grano y el ancho pueden variar drásticamente según la variedad de arroz. Se ha demostrado que la longitud es un carácter cuantitativo (QTL) (Yang, 2001) y el ancho del grano resulta un rasgo menos variable (Huang *et al.*, 2013). Por otra parte, las diferencias halladas dentro de cada Cv podrían ser una consecuencia del llenado diferencial de granos según su posición en la panoja (Apuan *et al.*, 2011).

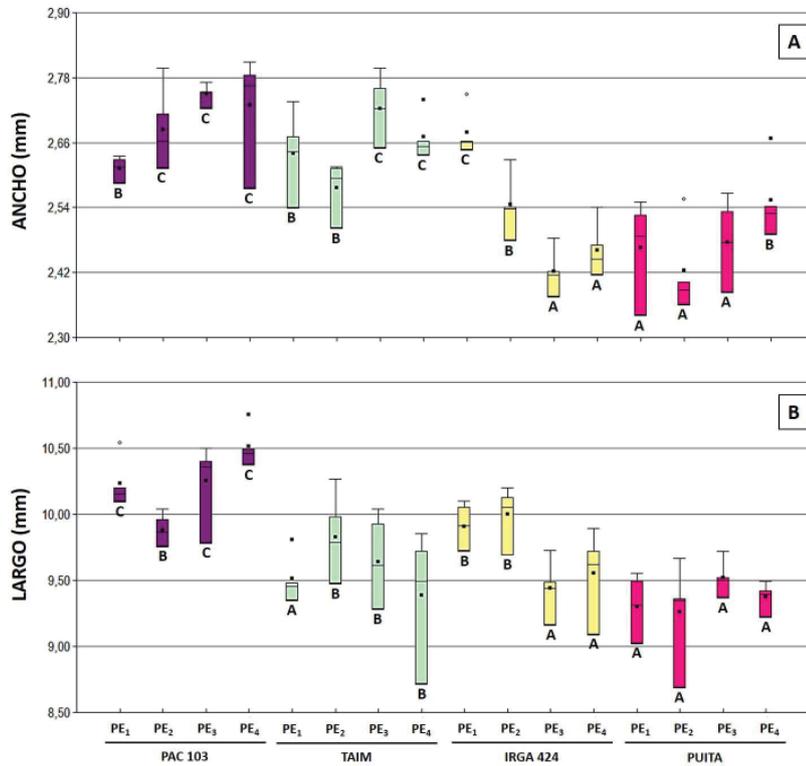


Figura 2. Variables biométricas registradas en semillas de 4 cultivares de arroz (TAIM, IRGA 424, PUITA y PAC 103) según su peso específico: A) Ancho (mm); B) Largo (mm). Medias con una letra común no son significativamente diferentes (DGC, $p > 0.05$).

Figure 2. Biometric variables registered in seeds of four rice cultivars (TAIM, IRGA 424, PUITA and PAC 103) according to their specific weight: A) Width (mm); B) Length (mm). Means with a common letter are not significantly different (DGC, $p > 0.05$).

Tabla 1. Análisis de la varianza y prueba DGC para las variables largo y/o ancho de semillas de arroz IRGA 424, PAC 103 y TAIM clasificadas por su PE. Se presentan las medias \pm DE.

Table 1. Variance analysis and DGC test for long and/or wide rice seeds of IRGA 424, PAC 103 and TAIM classified by its specific weight. Mean \pm SD are shown.

Tratamiento	IRGA 424		PAC 103		TAIM	
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)
<1.14 g/cm ³	9.90 \pm 0,42	2,69 \pm 0,19	10.25 \pm 0,44	2.63 \pm 0,26	AB	AB
1.14-1.18 g/cm ³	10.02 \pm 0,39	2,55 \pm 0,17	9.90 \pm 0,53	2.58 \pm 0,18	A	A
1.19-1.23 g/cm ³	9.47 \pm 0,63	2,41 \pm 0,12	10.22 \pm 0,57	2.72 \pm 0,19	AB	B
>1.23 g/cm ³	9.51 \pm 0,44	2,48 \pm 0,09	10.51 \pm 0,50	2.68 \pm 0,17	B	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (DGC, $p > 0.05$).

Peso de 1000 semillas

El ANAVA resultó significativo para las fuentes de variación Cv (p-valor <0.0001) y PE (p-valor 0.0167). Respecto al Cv, las 1000 semillas de PAC 103 (27.38 g) resultaron estadísticamente más pesadas que las de TAIM (24.75 g), PUITA (24.37 g) e IRGA 424 (25.00 g). Al contemplar el PE se diferenció un gradiente de semillas con menor P1000 (PE₁), semillas con P1000 intermedio (testigo y PE₂) y semillas con mayor P1000 (PE₃).

El análisis particionado por Cv mostró un efecto significativo de la categorización por PE sobre el P1000 únicamente en la variedad IRGA 424 (p-valor 0.0181), donde la categoría PE₁ resultó estadísticamente inferior al testigo y a los rangos PE₂ y PE₃.

La revisión bibliográfica no permitió obtener información del P1000 de diferentes categorías de PE de un mismo cultivar. No obstante, los valores de P1000 registrados para los testigos de los cultivares comerciales se asemejan a los ya informados: 25.5 g para IRGA 424 (Sementes Cauduro, 2020), 24.38 g para TAIM (EMBRAPA, 1991) y 24 g para PUITA (Fundación Proarroz, 2015). El cultivar PAC 103 carece de referencias publicadas por tratarse de un material promisorio aún no registrado. Díaz Solís *et al.* (2015) mencionan que la mayoría de las accesiones de arroz largo fino presentan P1000 entre 21 y 25 g, aunque algunos cultivares alcanzan más de 30 g, en concordancia con lo publicado por Montoya *et al.* (2007) al estudiar 13 variedades de arroz.

Calidad fisiológica de las semillas

Poder germinativo

La tabla 2 muestra los registros a los 15 días, discriminando la proporción de plantas normales, anormales y semillas no germinadas (duras, muertas e infectadas) mediante la observación de las estructuras esenciales de las plántulas.

El ANAVA para la variable PG, particionado por Cv, determinó que el efecto del PE fue significativo para todos los materiales: IRGA 424 (p-valor 0.0001), PAC 103 (p-valor 0.0002), PUITA (p-valor 0.0001) y TAIM (p-valor 0.0001).

La prueba DGC (p<0.05) demostró que IRGA 424 y PUITA se comportan similarmente: la fracción PE₁ fue la de peor desempeño; la fracción PE₃ (máximo PE para estos Cv) resultó superior y, entre ambas, el testigo y la categoría PE₂. Para PAC 103 se estableció un gradiente creciente: PE₁, testigo, PE₂ y PE₃. Finalmente, TAIM diferencia dos grupos: testigo y PE₁ con menor PG y las categorías siguientes de PE con valores superiores (Tabla 2).

Para la variable “plantas normales”, el análisis -particionado por Cv- evidenció un efecto significativo del PE para todos los materiales: IRGA 424 (p-valor 0.0002), PAC 103 (p-valor 0.0003), PUITA (p-valor 0.0001) y TAIM (p-valor 0.0003). La prueba DGC muestra que esta variable se comportó de manera idéntica al PG en PUITA IRGA 424 y TAIM. Para PAC 103 solo se diferencia la categoría de PE₁ de las restantes (Tabla 2).

El efecto del PE resultó significativo sobre la variable “plantas anormales” en los cultivares PUITA (p-valor 0.0361) y TAIM (p-valor 0.0023). En ambos casos el porcentaje de plantas anormales fue estadísticamente superior en el testigo (Tabla 2).

Tabla 2. Poder germinativo, porcentaje de plantas normales, anormales y semillas no germinadas (a los 15 días) para semillas de arroz TAIM, IRGA 424, PUITA y PAC 103 clasificadas por su peso específico.

Table 2. Germinating power, percentage of normal, abnormal plants and non-germinated seeds (at 15 days) for TAIM, IRGA 424, PUITA and PAC 103 rice seeds classified by their specific weight.

		PODER	PLANTAS	PLANTAS	SEMILLAS NO
Tratamiento		GERMINATIVO	NORMALES	ANORMALES	GERMINADAS
PAC 103	<1.14 g/cm ³	37.52±10.63 A	66.00± 8.33 A	22.29± 7.28	40.46± 4.05 B
	1.14-1.18 g/cm ³	65.46± 9.21 C	65.46± 9.21 B	13.81± 3.62	20.73± 6.47 A
	1.19-1.23 g/cm ³	72.75± 1.50 C	72.75± 1.50 B	13.08± 4.92	15.17± 2.14 A
	>1.23 g/cm ³	65.00± 8.87 C	66.00± 8.33 B	23.00± 6.00	11.00± 8.87 A
	Testigo	54.46± 6.88 B	56.46± 9.64 B	20.29± 6.21	23.25± 6.90 A
TAIM	<1.14 g/cm ³	44.00± 8.64 A	45.46± 9.94 A	13.88± 2.45 A	40.66± 9.15 B
	1.14-1.18 g/cm ³	61.42± 4.52 B	60.35± 8.92 B	15.88± 7.39 A	18.77± 5.76 A
	1.19-1.23 g/cm ³	75.19±10.65 B	81.67± 5.09 B	8.92± 3.96 A	11.96±14.26 A
	>1.23 g/cm ³	70.00± 6.93 B	70.00± 6.93 B	9.00± 5.03 A	21.00±10.00 A
	Testigo	52.54± 3.44 A	52.54± 3.44 A	29.29± 9.98 B	14.08± 9.45 A
IRGA 424	<1.14 g/cm ³	39.58±11.61 A	41.58±11.48 A	14.81±11.84	43.62±11.97 B
	1.14-1.18 g/cm ³	67.75± 8.34 B	69.75± 6.65 B	12.08± 5.58	18.17±10.03 A
	1.19-1.23 g/cm ³	80.79± 5.10 C	81.83± 5.09 C	13.17± 4.01	5.00± 3.83 A
	Testigo	59.67± 5.03 B	64.75±10.18 B	20.13± 7.12	15.13± 3.71 A
PUITA	<1.14 g/cm ³	43.38± 9.10 A	44.38± 8.20 A	6.08± 4.06 A	49.54±10.27 C
	1.14-1.18 g/cm ³	59.36± 9.19 B	60.35± 8.92 B	8.17± 5.97 A	31.48± 7.75 B
	1.19-1.23 g/cm ³	81.67± 5.09 C	81.67± 5.09 C	9.21± 6.22 A	9.13± 3.73 A
	Testigo	53.96± 7.12 B	58.81± 5.23 B	18.65± 5.94 B	22.54±10.32 B

En el caso de la variable “semillas no germinadas” se encontró significancia del PE para todos los cultivares: IRGA 424 (p-valor 0.0002), PAC 103 (p-valor 0.0001), PUITA (p-valor 0.0002) y TAIM (p-valor 0.0092). En todos ellos la categoría PE₁ se diferencia del resto con una mayor cantidad de semillas sin germinar; únicamente PUITA muestra, además, diferencias entre la categoría PE₃ y el grupo conformado por el testigo y PE₂ (Tabla 2).

Energía germinativa

El ANAVA evidenció que la EG se comportó como el PG, mostrando efectos significativos (p-valor <0.0001) de la fuente de variación PE. Particionando por Cv, PAC 103 y TAIM se comportan de forma idéntica: solo la fracción PE₁ resulta inferior y diferente a los demás tratamientos; mientras que IRGA 424 y PUITA enseñan un gradiente de menor a mayor PE y el testigo responde igual a PE₂ (Tabla 3).

Tabla 3. Energía germinativa determinada al 4° día para semillas de los cultivares de arroz TAIM, IRGA 424, PUITA y PAC 103 clasificadas por su peso específico. Se muestran las medias \pm DE.

Table 3. Germination energy determined at day 4th for seeds of rice cultivars TAIM, IRGA 424, PUITA and PAC 103 classified by their specific weight. Means \pm SD are shown.

Tratamiento	PAC 103	TAIM	IRGA 424	PUITA
Testigo	73.75 \pm 9.46 B	80.75 \pm 5.38 B	77.75 \pm 2.63 B	71.62 \pm 10.66 B
<1.14 g/cm ³	51.38 \pm 10.84 A	50.00 \pm 10.07 A	45.58 \pm 7.85 A	51.54 \pm 5.29 A
1.14-1.18 g/cm ³	77.32 \pm 5.36 B	74.00 \pm 11.55 B	80.75 \pm 9.07 B	66.48 \pm 9.76 B
1.19-1.23 g/cm ³	77.79 \pm 6.86 B	86.08 \pm 12.49 B	95.00 \pm 6.00 C	87.71 \pm 3.55 C
>1.23 g/cm ³	88.00 \pm 10.83 B	74.00 \pm 11.55 B	--	--

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (DGC, $p < 0.05$). Análisis de comparación particionado por cultivar.

Stand de plantas

El ANAVA para esta variable fue significativo únicamente para la fuente de variación PE (p-valor 0.0124): la categoría PE₁ resultó estadísticamente diferente con un comportamiento inferior respecto a las categorías superiores de PE y el testigo.

Vigor vegetativo

El ANAVA resultó no significativo para las fuentes de variación Cv (p-valor 0.2479), PE (p-valor 0.1896) y su interacción (p-valor 0.4118).

Baskin (1990) menciona que la relación general de la calidad de la semilla con la densidad/gravedad específica es directamente proporcional: cuando la densidad de la semilla se incrementa, su calidad también. Si bien esto es relativo a la viabilidad, en una población dada, la semilla de alta densidad generalmente será superior. Sung y Delouche (1962) observaron esto en la variedad Bella Patna, donde las semillas con mayor PE mostraron mejor germinación y posterior tasa de crecimiento

de plántulas; Cerovich *et al.* (2004) mencionan que la presencia de semillas de densidades inferiores va en detrimento del PG de las muestras de semillas certificadas de 4 variedades de Venezuela.

La separación por gravedad específica estratifica los grados de semilla basado en el peso individual de las mismas (Chandraprakash *et al.*, 2019). Manzoor *et al.* (2007) reconocen al peso de la semilla como buen criterio de selección ya que ésta resulta mejor que la clasificación por tamaño debido al ajuste del embrión dentro de las semillas y al llenado de granos diferencial que ocurre en las panojas (Apuan *et al.*, 2011).

Las deducciones alcanzadas respecto a la mejora de parámetros con PE mayores, concuerdan con lo obtenido por Gregori *et al.* (2011) quienes determinan que semillas con PE menores tienen un peor desempeño, así como con lo sugerido por Ramanadane y Ponnuswamy (2007), quienes basados en la misma teoría indican que esta separación resulta en una mejora de la calidad de la semilla medida por el PG, EG, la emergencia y el rendimiento temprano de las plántulas.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo ponen de manifiesto que en las pruebas de gabinete las categorías con PE₁ son inferiores las demás clases y el testigo, indicando que este valor podría marcar un punto de inflexión a tener en cuenta.

CONCLUSIONES

La distribución porcentual de las categorías de PE difiere entre cultivares: PUITA e IRGA 424 presentan mayor proporción en la fracción PE₂; TAIM y PAC 103 en la fracción de PE₃, con semillas de PE₄.

Las semillas evaluadas oscilaron entre 9,30-10,50 mm de largo y 2,41-2,75 mm de ancho. TAIM y PAC 103 integran un grupo caracterizado por un mayor ancho y, para el largo, se determinó un gradiente: PUITA, TAIM e IRGA 424 y PAC 103. El análisis particionado por Cv mostró que IRGA 424 se comporta diferente al resto ya que las semillas de mayor PE presentaron menor largo y ancho.

El P1000 fue afectado por el Cv, sobresaliendo PAC 103 por su mayor masa, y por el PE, evidenciándose un gradiente: P₁₀₀₀ PE₁ < P₁₀₀₀ testigo y PE₂ < P1000 PE₃. La partición por Cv determinó efectos significativos del PE solo en IRGA 424, diferenciándose la categoría PE₁ del resto.

El PG, el porcentaje de plantas normales, anormales y de semillas no germinadas, así como la EG y el stand de plantas fueron afectadas por el PE. La fracción de semillas con PE₁ presentó un peor desempeño en todos los parámetros mencionados.

BIBLIOGRAFÍA

- Apuan D, Demayo C, Gorospe J, Amparado R, Torres MAG. 2011. Intra-panicle variation in seed shapes of weedy rice. *Aust J Basic Appl Sci.* 5:185-191.
- Baskin, C. 1990. The relationship between seed density/specific gravity, seed quality and plant performance. En: Short course for seedsmen, Volume 31, Proceedings. Mississippi State University. Pp.67-81.
- Bravato M. 1974. Estudio morfológico de frutos y semillas de las Mimosoideae (Leguminosae). Venezuela. *Acta Bot Venez.* 9(1):317-361.
- Cerovich M, Fausto M, Figueroa R, López A, Trujillo A. 2004. El peso específico como indicador de calidad física y fisiológica en semilla certificada de arroz. *Agronomía Trop.* 54(1):17-30.
- Chandraprakash R, Alex AV, Eevera T, Geetha R, Masilamani P, Rajkumar P. 2019. Effect of specific gravity separation on seed germination and biochemical potential of castor hybrid YRCH1. *J. Pharmacognosy Phytother.* 8(4):2369-2373.
- Di Rienzo J, Casanoves F, Gonzalez L, Tablada E, Díaz M, Robledo C. y Balzarini M. 2005. *Estadística para las Ciencias Agropecuarias -6ta edición.* Córdoba, Argentina: Ed. Brujas. 347 pp.
- Díaz Solís SH, Castro Álvarez R, Lucinda David D y Morejón Rivera R. 2015. Morphoagronomic evaluation of traditional rice cultivars (*Oryza sativa* L.) collected in grower farm from Pinar del Río province. Cuba-Habanna. *Cultrop.* 36(2):131-141.
- Doria J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultrop.* 31(1):74-85.
- [EMBRAPA] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1991. EMBRAPA 7 - TAIM; [Acceso 15 Enero 2021]. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80290/1/FD-1991.0003.pdf>

- França-Neto JB. 2016. Evolução do conceito da qualidade das sementes. *Seed News* 5:32-40.
- Fundación Proarroz. 2015. PUITA INTA CL. EEA Concepción del Uruguay. Entre Ríos; [Acceso 20 Diciembre 2020]. <http://proarroz.com.ar/informacion-de-interes/variedades-de-arroz/puita-inta-cl>
- Gregori LA, Pirchi HJ, Arguissain GG, Crepy MA. 2011. Calidad de semilla de arroz: incidencia del peso específico, contenido de proteína y desarrollo de patógenos. Resultados experimentales. *Proarroz e INTA* 20:129–136.
- Hoy DJ, Gamble EE. 1985. The effect of seed size and seed density on germination and vigor in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Can J Plant Sci.* 65:1-8.
- Huang R, Jiang L, Zheng J, Wang T, Wang H, Huang Y, Hong Z. 2013. Genetic bases of rice grain shape: so many genes, so little known. *Trends Plant Sci.* 1(4):218–226.
- [IRRI] International Rice Research Institute. 1987. Rice Seed Health. Proceedings of the International Workshop on Rice Seed Health. Manila, Philippines; [Acceso 20 Diciembre 2020]. http://books.irri.org/9711041863_content.pdf
- [IRRI] International Rice Research Institute. 2013. Standard evaluation system for rice -5th edition. Manila, Philippines: IRRI. 65 pp.
- [ISTA] International Seed Testing Association. 1999. International rules for seed testing. Bassersdorf. Switzerland. Ed. ISTA. 333 pp.
- León JL y Carreres R. 2002. Calidad del arroz: criterios para una adecuada valoración. *Vida Rural* (145):38-40.
- Manzoor Z, Ali SS, Akhtar MS, Awan TH y Safdar ME. 2007. Influence of seed density classification on emergence and seedling traits in rice (*Oryza sativa* L.). *J. Anim. Pl. Sci.* 17(1-2): 2007.
- Montoya M, Alemán L, Cova J, Pérez-Almeida I y Rodríguez N. 2007. Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolanas. *Agronomía Trop.* 57(4):299-311.
- Ortiz Domínguez A. 1997. Caracterización morfofisiológica y quimiotaconómica de ecotipos de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. [MSc. Thesis]. [Maracay]. UCV. FAGRO. Venezuela.
- Ramanadane T, Ponnuswamy AS. 2007. Separation of quality seeds by density grading in stored seed lot of rice (*Oryza sativa* L.) hybrids. *Oryza* 44(2):145-149.
- Rodríguez N. 2001. Evaluación de la erosión cualitativa de la semilla de arroz (*Oryza sativa* L.) en el sistema de producción de semillas certificadas en Portuguesa. [MSc Thesis]. [Maracay]. UCV FAGRO, Venezuela.
- Roy SK, Giashuddin M, Hamid A, Hashem A. 2008. Seed size variation and its effects on germination and seedling vigour in rice. *J of Agron and Crop Sci.* 176(2):79-82.
- Ruan, S, Tylkowska K, Xue Q. 2002. The influence of priming on germination of rice (*Oryza sativa* L.) seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. *Seed Sci Technol.* 30(1):61-67.
- [SAGyP] Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2020. Estimaciones agrícolas de arroz; [Acceso 20 Diciembre 2020]. <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- Sementes Cauduro. 2020. IRGA 424. São Vicente Do Sul. Brasil; [Acceso 15 Enero 2021]. <https://sementescauduro.com.br/irga-424/>
- Sung TY, Delouche JC. 1962. Relation of specific gravity to vigor and viability in rice seed. *Proc Assoc Seed Anal.* 52:162-168.
- WAPnet -World agricultural production online (c2020). World Rice Production 2020/2021; [Acceso 20 Diciembre 2020]. <http://www.worldagriculturalproduction.com/crops/rice.aspx>
- Yang LS. 2001. Research progress of rice grain type and its inheritance. *J Anfu Agric Sci* 29:164–167.
- Zapata FJ, Ella ES. 1988. Specific gravity of the grain – a factor to consider in rice tissue culture. *J Plant Phystol.* 132:294-296.