



Universidad Nacional del Nordeste



Facultad de Ciencias Agrarias

Relación entre peso específico de granos y calidad de semilla en cuatro cultivares de arroz

Trabajo final de graduación para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Amanda Rosario Gómez Ibarra

Director: *Ing. Agr. (Mg.) Raúl Daniel Kruger*

Lugar de realización: *Estación Experimental Agropecuaria INTA Corrientes*

2019

Resumen

El control de calidad de semillas eficiente e imparcial es un prerequisite esencial, no solo para aliviar la escasez, sino también para atraer y retener la confianza de los productores locales. Es éste el material esencial y básico que engloba características potenciales para sus óptimos rendimientos y comportamientos a campo. Usualmente las variaciones en el peso de diferentes variedades de arroz a igual contenido de volumen explican diferencias en la calidad fisiológica de la semilla. Con el objeto de relacionar la influencia de las variables morfométricas de semillas con parámetros de calidad fisiológica de las mismas, se evaluó el largo, ancho, peso de 1000 semillas, poder germinativo, energía germinativa, días a emergencia, stand y vigor de plantas de 3 variedades comerciales (IRGA 424, PUITA INTA y TAIM) y un material experimental (PAC 103) fraccionadas por su peso específico. Los resultados indicaron que los cultivares PUITA e IRGA 424 presentan la mayor proporción de semillas en la fracción 1.14-1.18 g/cm³ mientras que TAIM y PAC 103 lo hacen en la fracción de 1.19-1.23g/cm³. 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, en cuanto al largo, se determinó un gradiente creciente: PUITA, TAIM e IRGA 424 y PAC 103. El peso de las 1000 semillas fue superior en PAC 103 y se evidenció un gradiente según el peso específico: con menor P_{1000} (PE <1.14 g/cm³), P_{1000} intermedio (testigo y rango PE 1.14-1.18 g/cm³) y mayor P_{1000} (rango PE 1.19-1.23 g/cm³). La fracción de PE menor a 1.14 g/cm³ presentó poder germinativo, energía germinativa y stand de plantas inferiores.

Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) es un cereal base para la alimentación de más de la mitad de la población mundial. Esta gramínea, con sistema fotosintético C3 y adaptada al ambiente acuático, es de origen asiático y, específicamente, se considera que China es el centro de diversidad (Vaughan et al., 2005).

Según la FAO (2018), la producción mundial de arroz cáscara en 2017 superó las 759 millones de toneladas y, en nuestro país, se registran 1.38 millones de toneladas cosechadas en la campaña 2017/18 (SAGyP, 2019). En Argentina el cultivo se concentra en las provincias de Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, Chaco y Formosa. Particularmente para la primera, éste cumple con un rol destacado al contribuir con el 44.5% de la producción nacional (SAGyP, 2019); además, como la provincia no cuenta con grandes superficies de otros cultivos anuales, el arroz y su cadena productiva son considerados una economía regional de gran importancia.

En la producción agrícola, la implantación del cultivo es fundamental pues incide directamente en el stand de plantas a cosecha, al mismo tiempo que condiciona la performance que éstas tendrán 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.

El control de calidad de semillas eficiente e imparcial es un prerequisite esencial, no solo para aliviar la escasez, sino también para atraer y retener la confianza de los productores locales. Es este el material esencial y básico que engloba características potenciales para sus óptimos rendimientos y comportamientos a campo. Usualmente las variaciones en el peso de diferentes variedades de arroz a igual contenido de volumen explican diferencias en la calidad fisiológica de la semilla (IRRI, 1987).

Tener una semilla de alta calidad permite potenciar el aprovechamiento de los insumos durante el desarrollo del cultivo. Dentro de los factores que determinan esta calidad se encuentran los genéticos, físicos, fisiológicos y fitosanitarios (França-Neto, 2016). Según ISTA (2012) dentro del aspecto físico se considera a la pureza, entendiendo como tal al porcentaje en peso de las distintas fracciones de una muestra de semillas (semilla pura, materia inerte y otras semillas); no obstante aspectos físicos como el peso y el tamaño de cada semilla afectan el desempeño de las mismas.

En este sentido, 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). Sung y Delouche (1962) demostraron que la gravedad específica de la semilla de arroz está directamente relacionada con el porcentaje de germinación y con el vigor; manifestándose éste en la tasa de germinación y en el desarrollo de la plántula, así como en el porcentaje de emergencia a campo. Los estudios de Akil y Araújo (1977) determinaron que las semillas más densas sobresalen particularmente al considerar la tasa de emergencia y la resistencia al envejecimiento y, de igual manera, Cerovich et al. (2004) encontraron que al separar por peso específico, las semillas con pesos menores a 1,6 g/cm³ mostraron inferior calidad física y fisiológica.

Ramanadane y Ponnuswamy (2007) experimentando métodos para mejorar la calidad de semillas de arroz híbrido señalan 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 en comparación con las semillas de baja densidad. Apoyando esta tesis, Roy et al. (2008) revelaron que la tasa de germinación y los valores del índice de vigor de las plántulas aumentaron con el incremento del tamaño de las semillas en el arroz, lo que sugiere la selección de semillas más grandes para un buen establecimiento.

Lo anteriormente expuesto pone en evidencia que el peso específico influye en la calidad de las semillas de arroz, no obstante, varios autores mencionan valores para arroz cáscara (Nelson 2001, Prashant y Prasad 2012, Sung y Delouche 1962, Zapata y Ella 1987) pero se carece de indagación de referencia para los cultivares de la región arrocería, sobre los cuales es de interés corroborar la mencionada aseveración.(Gregori et al 2011).

Hipótesis

Las diferencias en la calidad de semillas de *Oryza sativa* pueden deberse en parte al peso específico de las semillas que se determinan mediante caracterizaciones morfométricas y de calidad fisiológica.

Objetivo general

- Correlacionar la influencia de variables morfométricas de semillas con parámetros de calidad fisiológica de las mismas.

Objetivos específicos

- Generar información relacionada al largo, ancho y al peso específico de semillas de cuatro cultivares de arroz.
- Analizar la incidencia del peso específico en la calidad fisiológica de la semilla.
- Evaluar el comportamiento a campo de semillas previamente clasificadas por su peso específico.

Materiales y métodos

Los ensayos se llevaron a cabo en las instalaciones del grupo “Cultivos Extensivos” de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA Corrientes-El sombrero.

Material vegetal

Se trabajó con 4 materiales genéticos, 3 variedades comerciales de importancia en la región: TAIM EMBRAPA, IRGA 424 y PUITA INTA CL, y un material promisorio: PAC 103; todos ellos de ciclo intermedio y grano largo fino. Las determinaciones se realizaron sobre semillas tomadas aleatoriamente de muestras compuestas y aventadas de 500 gramos provenientes del ensayo

regional de cultivares de arroz (ERC) de ciclo intermedio (campaña 2018/19) implantado en el campo experimental de la EEA INTA Corrientes.

1. Separación de las semillas por su peso específico

- 1.1. Cada muestra de 500 gramos de semillas se separó en 4 fracciones a través de la metodología con sacarosa propuesta por Hoy y Gamble (1985) (Figura 1) y se determinó el porcentaje de distribución de cada cultivar en las 4 fracciones de diferentes pesos específicos consideradas: PE_1 ($<1.14\text{g/cm}^3$), PE_2 ($1.14\text{-}1.18\text{g/cm}^3$), PE_3 ($1.19\text{-}1.23\text{g/cm}^3$) y PE_4 ($>1.23\text{g/cm}^3$). El testigo correspondió a una quinta fracción compuesta por la muestra original sin fraccionamiento.

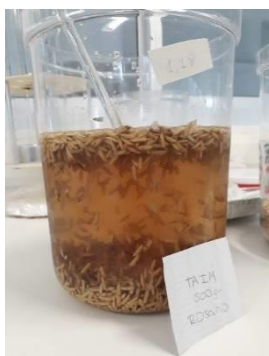


Figura 1. Separación de dos fracciones de peso específico de la variedad Taim a través de método con sacarosa. Se observa en la solución de sacarosa de 1.18 g/cm^3 de densidad semillas que se encuentran en el fondo del recipiente (peso específico mayor a 1.18 g/cm^3) y semillas que se encuentran en superficie (peso específico menor a 1.18 g/cm^3).

2. Determinación de la morfometría de semillas

- 2.1. Para la biometría de semillas se estableció el tamaño de las mismas a partir de mediciones de longitud y ancho (determinado en la porción media de la semilla, en ángulo recto con el eje longitudinal) conforme a la metodología de Bravato (1974). Veinticinco semillas de cada fracción de peso específico (PE) determinado por cultivar fueron medidas mediante el uso de un calibre digital de 0.1 mm de precisión (Figura 2).
- 2.2. Peso de 1000 semillas (P_{1000}): Se determinó el P_{1000} de cada fracción de PE según las normas ISTA (1999). Se empleó una balanza de precisión marca OHAUS YS series y se registró el valor en gramos con 1 cifra decimal (Figura 3).



Figura 2. Calibre digital utilizado para medir el largo y el ancho de las semillas de los cultivares de arroz según su peso específico.



Figura 3. Balanza utilizada para la determinación del peso de 1000 semillas.

3. Determinación de la calidad fisiológica de las semillas

Para determinar la calidad fisiológica de los cuatro cultivares se consideraron 5 tratamientos: 4 fracciones de diferentes pesos específicos (PE₁, PE₂, PE₃ y PE₄) y un testigo (muestra original sin clasificación por PE).

- 3.1. Poder germinativo (PG): Se determinó el PG de cada tratamiento según el procedimiento descrito en las reglas ISTA (1999). Se siguió el método “sobre papel” incubando las semillas a 25°C (temperatura constante) luego de la aplicación de curasemilla 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, discriminando en la última observación el porcentaje de plantas normales, plantas anormales y semillas no germinadas (semillas duras, muertas e infectadas). Se realizaron 4 repeticiones de 25 semillas cada una.
- 3.2. Energía germinativa (EG): se registró el porcentaje de semillas germinadas en relación con el número total de semillas evaluadas al 5to día luego de la siembra (Ruan et al., 2002). La prueba se realizó siguiendo el método “sobre papel” incubando las semillas curadas con Carboxin 200 g i.a. /L + Thiram 200 g i.a. /L (Vitavax® Flo) al 0.5% a 25°C (temperatura constante). Se realizaron 4 repeticiones, de 25 semillas cada una.

4. Determinación de parámetros asociados al vigor de semillas

Para determinar el vigor de las semillas se consideraron 5 tratamientos/cultivar: 4 fracciones de diferentes pesos específicos (PE₁, PE₂, PE₃ y PE₄) y un testigo (muestra original sin clasificación por PE). Se registraron las variables:

- 4.1. Días a emergencia (DEE): cantidad de días necesarios para la emergencia del 70% de las plantas sembradas a partir del día de siembra.
- 4.2. Stand de plantas: número de plantas establecidas a los 15 días después de la emergencia.
- 4.3. Vigor vegetativo: a los 25 días después de la siembra según la escala IRRI (1996).

Para la determinación de las variables mencionadas se sembraron manualmente 25 semillas/maceta jardinera (53 x 18 x 14 cm) conteniendo suelo de la Serie Treviño (Argiudol ácuico) como sustrato. Se realizó un riego de asiento para asegurar la germinación y, cuando las plantas contaron con 4 hojas, las macetas se colocarán en piletones de material con el nivel de agua necesario para lograr una lámina de riego de 50 mm.



La figura 4. Ensayo en el cual se realizó el registro de las variables días a emergencia, stand de plantas y vigor vegetativo.

Diseño experimental y análisis estadístico:

Los datos fueron tratados estadísticamente con el software Infostat versión 2015 (Di-Rienzo et al., 2005). Se trabajó siguiendo un diseño de tipo factorial (4x4). Los resultados fueron sometidos al análisis de la varianza considerando las fuentes de variación por cultivar o coeficiente de variación (Cv), peso específico (PE) e interacción de ambos: Cv*PE (interacción cultivar y peso específico) 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

1. Distribución de los granos basados en el peso específico

La figura 4 representa la distribución porcentual de cada categoría de PE ($PE_1 < 1.14 \text{ g/cm}^3$; $PE_2: 1.14-1.18 \text{ g/cm}^3$; $PE_3: 1.19-1.23 \text{ g/cm}^3$; $PE_4 > 1.23 \text{ gr/cm}^3$) determinado en tres variedades comerciales (TAIM, IRGA 424, PUITA) y una línea experimental (PAC 103) de arroz cáscara clasificadas por su peso específico.

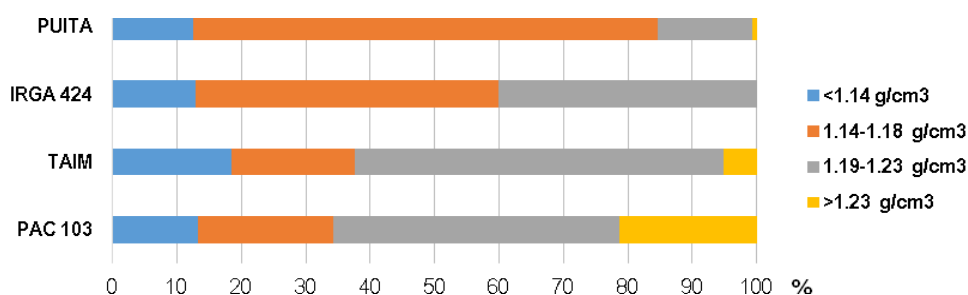


Figura 5. Proporción porcentual de 4 pesos específicos de semillas en tres variedades comerciales (TAIM, IRGA 424, PUITA) y una línea experimental (PAC 103) de arroz cáscara.

Como puede observarse dos materiales tienen una proporción considerable de semillas con peso específico (PE) superior a 1.23 g/cm^3 (TAIM y PAC 103) mientras que otras dos variedades la proporción de esta categoría es nula o despreciable. La distribución entre las categorías de PE inferiores a 1.23 g/cm^3 (PE_1 , PE_2 , PE_3) fue diferente: PUITA e IRGA 424 mostraron la mayor proporción de semillas en la fracción $1.14-1.18 \text{ g/cm}^3$; mientras que TAIM y PAC 103 concentran la mayor cantidad de semillas en la fracción de $1.19-1.23 \text{ g/cm}^3$.

Zapata y Ella (1988) mencionan una variación en los porcentajes de las diferentes categorías de peso específico de variedades de arroz largo fino. Sus resultados indican que, en las variedades evaluadas, aproximadamente el 50% de los granos tienen un peso específico 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 la fracción de PE_3 ($1.19-1.23 \text{ g/cm}^3$) y PE_4 , pero no así para IRGA 424 y PUITA.

2. Morfometría de semillas

2.1. Largo y ancho

En la tabla 1 se presentan las medidas resumen y de tendencia central de las variables largo y ancho de semillas.

Los registros logrados en el presente trabajo, 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 de los granos, los de los cultivares estudiados resultan ligeramente superiores a los reportados por Ortiz Domínguez (1997) y Rodríguez (2001) que rondan entre 2.16 y 2.53 mm.

Tabla 1. Medidas resumen: Media, Coeficiente de variación, mínimo y máximo de las variables morfológicas: largo y ancho, registradas en tres variedades comerciales (TAIM, IRGA 424, PUITA) y una línea experimental (PAC 103) de arroz cáscara clasificadas por su peso específico.

Tratamiento		LARGO (mm)				ANCHO (mm)			
		Media	CV	Mín.	Máx.	Media	CV	Mín.	Máx.
PAC 103	<1.14 g/cm³	10.25	4.28	9.50	10.93	2.62	6.17	2.22	2.92
	1.14-1.18 g/cm³	9.90	5.31	8.96	10.99	2.68	6.22	2.49	3.02
	1.19-1.23 g/cm³	10.20	5.57	9.02	11.22	2.75	4.57	2.48	2.96
	>1.23 g/cm³	10.51	4.77	9.39	11.29	2.72	9.02	2.22	3.23
TAIM	<1.14 g/cm³	9.48	6.09	8.35	10.95	2.62	10.07	2.28	3.63
	1.14-1.18 g/cm³	9.87	6.47	8.87	10.96	2.58	7.13	2.17	2.99
	1.19-1.23 g/cm³	9.63	6.64	8.60	11.14	2.73	7.11	2.44	3.17
	>1.23 g/cm³	9.74	5.65	9.04	11.04	2.68	6.46	2.33	2.97
IRGA 424	<1.14 g/cm³	9.90	4.28	9.35	11.02	2.68	7.14	2.30	3.04
	1.14-1.18 g/cm³	10.02	3.85	9.23	10.74	2.55	6.84	2.25	2.94
	1.19-1.23 g/cm³	9.47	6.64	8.24	10.68	2.41	5.08	2.15	2.74
	>1.23 g/cm³	9.48	4.60	8.95	10.10	2.48	3.54	2.36	2.58
PUITA	<1.14 g/cm³	9.33	7.41	8.40	10.70	2.47	5.97	2.17	2.80
	1.14-1.18 g/cm³	9.30	15.80	2.82	10.79	2.42	6.33	2.16	2.90
	1.19-1.23 g/cm³	9.52	5.52	8.76	10.97	2.47	6.70	2.08	2.68
	>1.23 g/cm³	9.39	4.73	8.87	10.62	2.56	5.59	2.35	2.90

El ANAVA para las variables largo y ancho resultó significativo (p-valor <0.0001) para las fuentes de variación Cultivar e interacción Cultivar*PE.

En relación a la variable “ancho” y considerando la fuente de variación “cultivar”, se observó que TAIM y PAC 103 integran un grupo caracterizado por un mayor ancho con respecto a los otros dos cultivares. En la figura 5 se presentan los datos obtenidos para esta variable sometidos a la prueba DGC. Considerando cada cultivar, se observa que en PAC 103, PUITA y TAIM la variación del ancho sigue el mismo patrón: a medida que aumenta el PE, aumenta el ancho. A diferencia, IRGA 424 se comporta de manera opuesta ya que las semillas de menor PE resultan las más anchas pero también fueron las más largas.

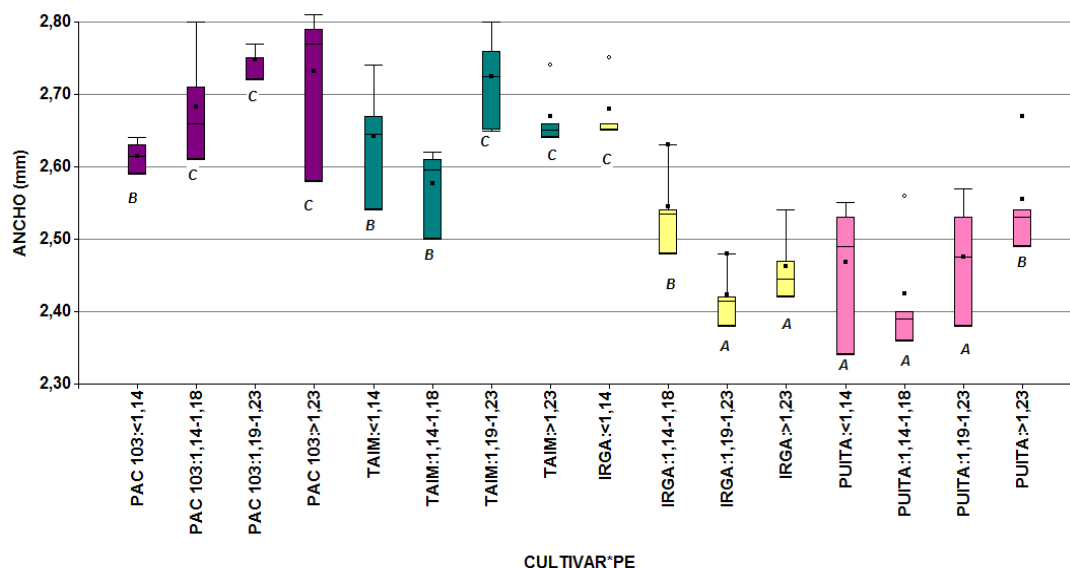


Figura 6. Ancho (mm) de semillas tres variedades comerciales (TAIM, IRGA 424, PUITA) y una línea experimental (PAC 103) de arroz según su peso específico. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (DGC, $p>0.05$).

Para la variable “largo”, la fuente de variación “cultivar” permitió diferenciar un gradiente: PUITA presentó las semillas de menor longitud, TAIM e IRGA 424 mostraron una longitud intermedia y, finalmente, PAC 103 integra un grupo caracterizado por un mayor largo. En la figura 6 se presentan los resultados de esta variable diferenciados en base a la prueba DGC.

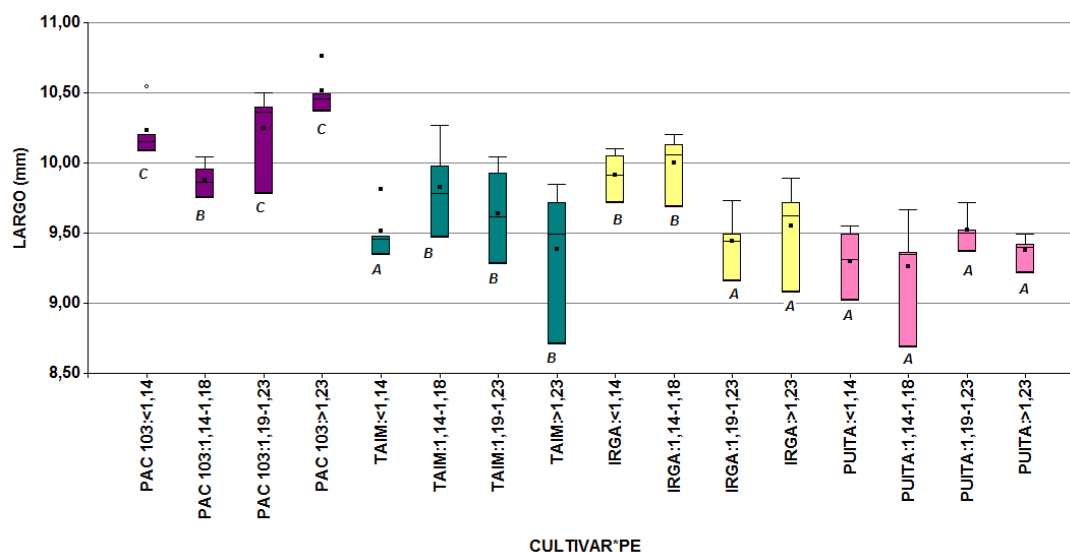


Figura 7. Largo (mm) de semillas tres variedades comerciales (TAIM, IRGA 424, PUITA) y una línea experimental (PAC 103) de arroz según su peso específico. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (DGC, $p>0.05$).

El ANAVA particionado por cultivar determinó que para la variedad IRGA 424, la separación por peso específico tuvo efectos significativos en relación al ancho (p-valor <0.0001) y el largo (p-valor 0.0137), resultando las semillas de mayores PE aquellas de menor largo y ancho (Tabla 2). (ó) resultado que las semillas con mayor PE presentaron un menor largo y ancho.

Tabla 2. Valores medios $\pm$ desvío estándar (DE) y análisis de la varianza prueba DGC para las variables largo y ancho de semillas de arroz IRGA 424 clasificadas por su peso.

		LARGO (mm)		ANCHO (mm)	
IRGA 424	<1.14 g/cm ³	9.90 $\pm$ 0,42	B	2,69 $\pm$ 0,19	C
	1.14-1.18 g/cm ³	10.02 $\pm$ 0,39	B	2,55 $\pm$ 0,17	B
	1.19-1.23 g/cm ³	9.47 $\pm$ 0,63	A	2,41 $\pm$ 0,12	A
	>1.23 g/cm ³	9.51 $\pm$ 0,44	A	2,48 $\pm$ 0,09	A

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

Para el cultivar PAC 103 se evidenció efecto significativo del PE únicamente sobre la variable largo (p-valor 0.0271). En este sentido se encontraron diferencias entre las semillas de mayor PE (>1.23 g/cm³) y las del rango 1.14-1.18 g/cm³ (Tabla 3). En el caso de la variedad PUITA, no se evidenciaron efectos significativos sobre el ancho (p-valor 0.1835) ni el largo (0.6485). Finalmente, sobre la variedad TAIM se vieron efectos significativos sobre el ancho (p-valor 0.0343) diferenciándose las semillas de mayores PE (1.19-1.23 y >1.23 g/cm³) de aquellas del rango 1.14-1.18 g/cm³ (Tabla 4).

Tabla 3. Valores medios $\pm$ DE y análisis de la varianza prueba DGC para las variable largo de semillas de arroz PAC 103 clasificadas por su peso.

		LARGO (mm)	
PAC 103	<1.14 g/cm ³	10.25 $\pm$ 0,44	AB
	1.14-1.18 g/cm ³	9.90 $\pm$ 0,53	A
	1.19-1.23 g/cm ³	10.22 $\pm$ 0,57	AB
	>1.23 g/cm ³	10.51 $\pm$ 0,50	B

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

Tabla 4. Valores medios $\pm$ DE y análisis de la varianza prueba DGC para las variable ancho de semillas de arroz TAIM clasificadas por su peso.

		ANCHO (mm)	
TAIM	<1.14 g/cm ³	2.63 $\pm$ 0,26	AB
	1.14-1.18 g/cm ³	2.58 $\pm$ 0,18	A
	1.19-1.23 g/cm ³	2.72 $\pm$ 0,19	B

>1.23 g/cm ³	2.68±0,17	B
-------------------------	-----------	---

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

Huang et al. (2013) haciendo referencia a los cultivares de arroz indico cultivados en China, sostienen que la longitud del grano y su ancho pueden variar drásticamente según la variedad de arroz. Se ha demostrado que la longitud del grano está controlada por tres a cinco locus de rasgo cuantitativo (QTL) principales (Yang et al., 2001) que a menudo exhiben efectos aditivos, aunque también se han detectado efectos dominantes en algunos estudios (Shi y Shen, 1994; 1996). En tanto que el ancho del grano (controlado por poligenes con efecto aditivo o dominante) resulta un rasgo menos variable (Huang et al., 2013).

Por otra parte, las diferencias halladas dentro de cada cultivar podrían ser una consecuencia del relleno diferencial de granos según su posición en la panoja, rasgo compartido entre los miembros del género *Oryza* (Apuan et al., 2011).

2.2. Peso de 1000 semillas

Las medidas de resumen y tendencia central de la variable peso de 1000 semillas se presentan en la tabla 5. Cabe aclarar que para el correcto análisis se han eliminado los datos de la categoría PE >1.23 g/cm³ existentes en los cultivares PAC 103 y TAIM ya que IRGA y PUITA no tuvieron suficiente material en el fraccionamiento para llevar a cabo este análisis.

Tabla 5. Medidas resumen: Media, Coeficiente de variación (CV), valores mínimos y máximos para la variable morfométrica peso de 1000 semillas (P_{1000}) registradas en tres variedades comerciales (TAIM, IRGA 424, PUITA) y una línea experimental (PAC 103) de arroz para la muestra testigo y las categorías definidas según su peso específico.

		PESO DE 1000 SEMILLAS (g)			
		Media	CV	Min.	Máx.
PAC 103	<1.14 g/cm ³	26.50	3.01	23.00	24.00
	1.14-1.18 g/cm ³	28.50	2.48	28.00	29.00
	1.19-1.23 g/cm ³	27.00	5.24	26.00	28.00
	Testigo	27.50	2.57	27.00	28.00
TAIM	<1.14 g/cm ³	25.50	2.77	25.00	26.00
	1.14-1.18 g/cm ³	25.00	0.30	25.00	25.00
	1.19-1.23 g/cm ³	23.50	3.01	23.00	24.00
	Testigo	25.00	5.66	24.00	26.00
IRGA 424	<1.14 g/cm ³	23.50	3.01	23.00	24.00
	1.14-1.18 g/cm ³	25.00	0	25.00	25.00
	1.19-1.23 g/cm ³	26.50	2.67	26.00	27.00
	Testigo	25.00	0	25.00	25.00
PUITA	<1.14 g/cm ³	24.00	0.20	24.00	24.00
	1.14-1.18 g/cm ³	24.00	0.18	23.00	25.00

1.19-1.23 g/cm ³	25.00	0	25.00	25.00
Testigo	24.50	2.89	24.00	25.00

El ANAVA resultó significativo para las fuentes de variación cultivar (p-valor <0.0001) y PE (p-valor 0.0167). Considerando la fuente de variación cultivar, 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 la fuente de variación PE se diferenció un gradiente de semillas con menor P_{1000} (PE <1.14 g/cm³), semillas con P_{1000} intermedio (testigo y rango PE 1.14-1.18 g/cm³) y semillas con mayor P_{1000} (rango PE 1.19-1.23 g/cm³).

El análisis particionado por cultivar mostró un efecto significativo de la categorización por PE sobre el P_{1000} únicamente en la variedad IRGA 424 (p-valor 0.0181). (Tabla 6).

Tabla 6. Valores medios $\pm$ DE y análisis de la varianza según pruebas DGC para las variable P_{1000} en la variedad IRGA 424 clasificadas por su peso.

	IRGA 424	
Testigo	25.00 $\pm$ 0.00	B
<1.14 g/cm ³	23.50 $\pm$ 0.71	A
1.14-1.18 g/cm ³	25.00 $\pm$ 0.00	B
1.19-1.23 g/cm ³	26.50 $\pm$ 0.71	B

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

La revisión bibliográfica no permitió obtener registros del peso de 1000 granos de los diferentes estratos de PE de un mismo cultivar. No obstante, los valores de P_{1000} registrados para los testigos de los cultivos 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 sobre el peso de sus 1000 semillas por tratarse de un material promisorio cuyo registro aún no se ha efectuado. Díaz Solís et al. (2015) mencionan que varios estudios muestran que la mayoría de las accesiones de arroz largo fino presentan P_{1000} entre 21 y 25 g, aunque algunos cultivos alcanzan más de 30 g. Datos concordantes con dicha aseveración son los publicados por Montoya et al. (2007) al estudiar 13 variedades de arroz. En el presente trabajo, el cultivar PAC 103 alcanza los valores más altos para las variables en cuestión y esto es de interés ya que el peso de 1000 granos es un rasgo genético que principalmente depende del cultivar (Díaz Solís et al., 2015).

3. Determinación de la calidad fisiológica de las semillas

3.1. Poder germinativo

El poder germinativo es la proporción de semillas que han producido plántulas normales bajo condiciones controladas y dentro de un periodo específico (ISTA, 1999). Los resultados logrados se muestran en la tabla 7, discriminando la proporción de plantas normales, anormales y semillas no germinadas (duras, muertas e infectadas) determinadas a los 15 días mediante la observación de las estructuras esenciales de las plántulas.

Tabla 7. Porcentajes medios $\pm$ DE y análisis de la varianza con pruebas DGC de poder germinativo, plantas normales, anormales y semillas no germinadas para semillas de los cultivares de arroz TAIM, IRGA 424, PUITA y PAC 103 clasificadas por su peso específico¹.

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

¹ Los resultados corresponden a los 15 días después de la siembra y se expresan en %. Se presentan las medias $\pm$ DE. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (DGC, $p < 0.05$). Análisis de comparación particionado por cultivar.

El ANAVA para la variable PG, particionado por cultivar, 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 ($p < 0.05$) muestra que para IRGA 424 y PUITA la fracción de menor PE fue estadísticamente inferior al testigo y la categoría de PE intermedio (1.14-1.18 g/cm³) y estas últimas, a su vez, inferiores a la fracción de máximo PE (1.19-1.23 g/cm³) (Figura 6). Para PAC 103 se establece un gradiente creciente (3 grupos) que se inicia con las semillas de menor PE seguido por el testigo y finaliza con las categorías de PE 1.14-1.18, 1.19-1.23 y >1.23 g/cm³. De forma similar, para TAIM se diferencian dos grupos: testigo y PE <1.14 g/cm³.

con menor PG y los de categorías siguientes de PE con valores de PG superiores (Tabla 7). Según Baskin (1990) existe una relación correlativa entre el peso específico de las semillas de sorgo y su germinación, aumentando la una con la otra, de igual modo los resultados aquí obtenidos. En arroz muestran una similar relación.

Para la variable “plantas normales”, el análisis -particionado por cultivar- evidenció un efecto significativo del PE para: 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 e IRGA 424 se observó un gradiente ascendente que inicia con las semillas de menor PE, luego al testigo y la categoría de PE intermedio ($1.14\text{--}1.18\text{ g/cm}^3$) y finalmente la fracción de máximo PE ($1.19\text{--}1.23\text{ g/cm}^3$). Todos los cultivares con PE 1.14 g/cm^3 se diferenciaron mostrando los menores PG. Para PAC 103 se diferencia la categoría de PE $<1.14\text{ g/cm}^3$ de las otras 4 y, en TAIM, se diferencian dos grupos: 1) testigo y PE $<1.14\text{ g/cm}^3$ y 2) las demás 3 categorías de PE (Tabla 7).

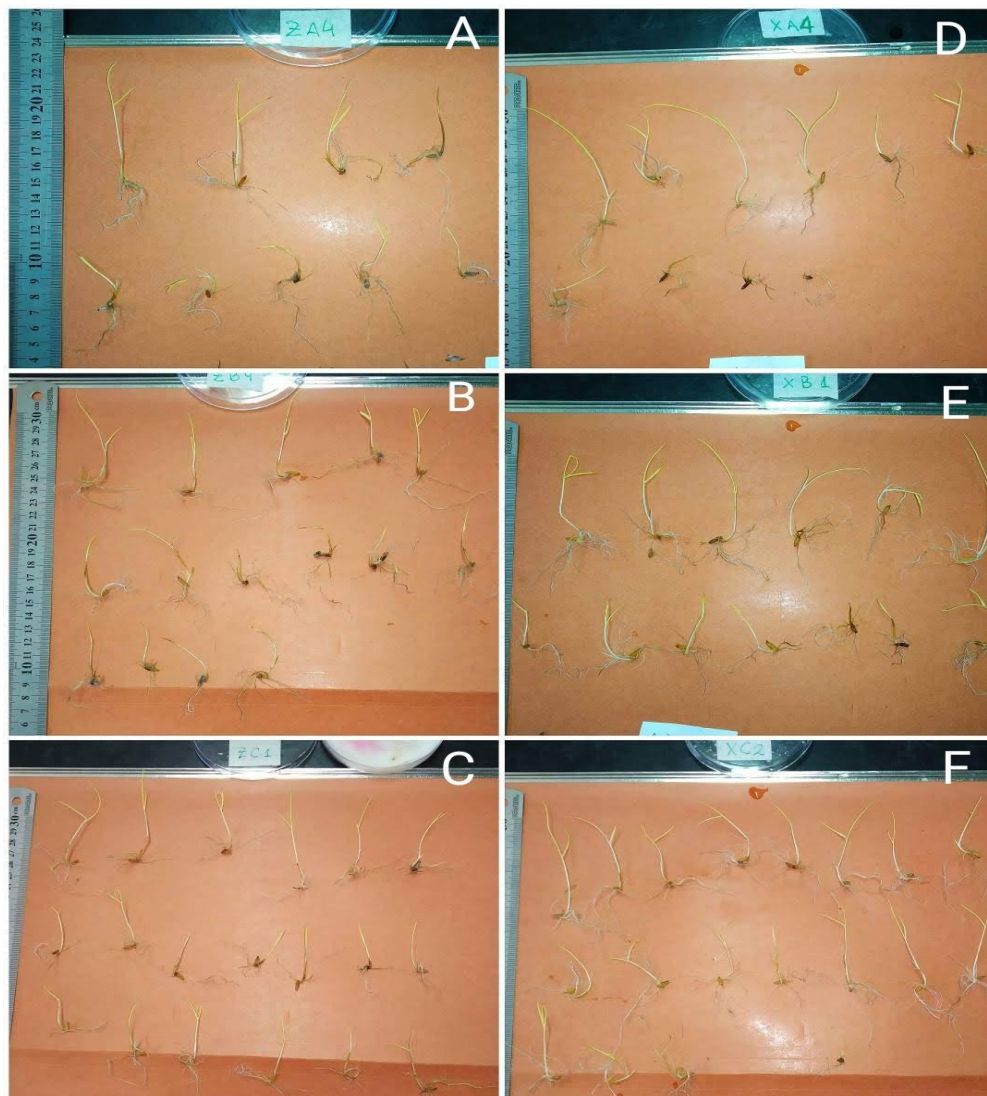


Figura 8. Plantas normales y anormales registradas a los 15 días: **A)** variedad IRGA 424 - PE₁ (1.14 gr/cm^3); **B)** variedad IRGA 424 - PE₂ ($1.14\text{--}1.18\text{ gr/cm}^3$); **C)** variedad IRGA 424 - PE₃ ($1.18\text{--}1.23\text{ gr/cm}^3$); **D)** variedad PUITA - PE₁ (1.14 gr/cm^3); **E)** variedad PUITA - PE₂ ($1.14\text{--}1.18\text{ gr/cm}^3$); **F)** variedad PUITA - PE₃ ($1.18\text{--}1.23\text{ gr/cm}^3$). Se observan más plantas normales al aumentar el PE.

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 respecto de las otras categorías de PE (Tabla 7).

Finalmente, para la variable “semillas no germinadas” se verificó un efecto significativo 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). La prueba DGC evidenció que en IRGA 424, PAC 103 y TAIM la categoría de menor PE se diferencia del resto con una mayor cantidad de semillas sin germinar; para PUITA se estableció un gradiente donde la categoría de menor PE fue la que presentó el mayor porcentaje de semillas sin germinar, la siguen el testigo y la fracción de PE 1.14-1.18 g/cm³ y finaliza con la categoría de PE 1.19-1.23 g/cm³ (Tabla 7).

En síntesis, los resultados obtenidos dejan en evidencia que sobre las semillas de arroz el peso específico ejerce una influencia sobre su germinación y desarrollo de plantas normales, en coincidencia con estudios realizados con la variedad Bella Patna, una variedad largo fino que se cultiva en los alrededores de Patna, India (también llamado arroz carolina), donde las semillas con mayor peso específico se muestran superiores, respecto a las de menor PE, en cuanto a germinación y posterior tasa de crecimiento de plántulas (Sung y Delouche 1962).

3.2. *Energía germinativa*

La energía germinativa (EG) es el porcentaje de semillas que germinan dentro de un período determinado (período de energía) en óptimas condiciones (ISTA, 1999).

El ANAVA de la variable EG se comportó de la misma manera que el PG, mostrando efectos significativos (p-valor <0,0001) de la fuente de variación peso específico. La prueba DGC (particionada por cultivar) muestra que PAC 103 (Figura 8 A-E) y TAIM (Fig. 8, F-J) se comportan de forma idéntica: solo la fracción de PE <1.14 g/cm³ resulta inferior y diferente a los demás tratamientos y, por otro lado, IRGA 424 y PUITA muestran un gradiente de menor a mayor PE y el testigo responde igual a la categoría intermedia de PE (Tabla 8).

Los resultados obtenidos dejan en evidencia que sobre las semillas de arroz el PE ejerce una influencia sobre la energía germinativa de estas en coincidencia con numerosos investigadores (Balamurugan, 1993; Sivasubramanian, 1996; Jayashree, 1996; Vijayakumar, 1996) que opinan que la clasificación de las semillas en función de su peso resulta mejor que la clasificación por tamaño debido a la acomodación del embrión dentro de las semillas y la existencia de cámaras de aire. En este sentido, la separación por gravedad específica estratifica los grados de semilla basado en el peso individual de las mismas, para separar las semillas llenas de las vacías (Chandraprakash et al., 2019).

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 incrementa, su calidad también. Si bien esto es relativo a la viabilidad de la semilla, en una población dada, la semilla de alta densidad generalmente será de mejor calidad que la semilla de baja densidad.

Tabla 8. Energía germinativa determinada a los 5 días 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.

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

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

Los resultados obtenidos en el presente trabajo ponen de manifiesto que en las pruebas de gabinete las categorías con PE más bajo (<1.14 g/cm³) son inferiores a las alcanzadas por las demás clases y el testigo, indicando que este valor podría marcar un punto de inflexión a tener en cuenta. Así, las deducciones alcanzadas (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 poder germinativo, energía germinativa, la emergencia y el rendimiento temprano de las plántulas.

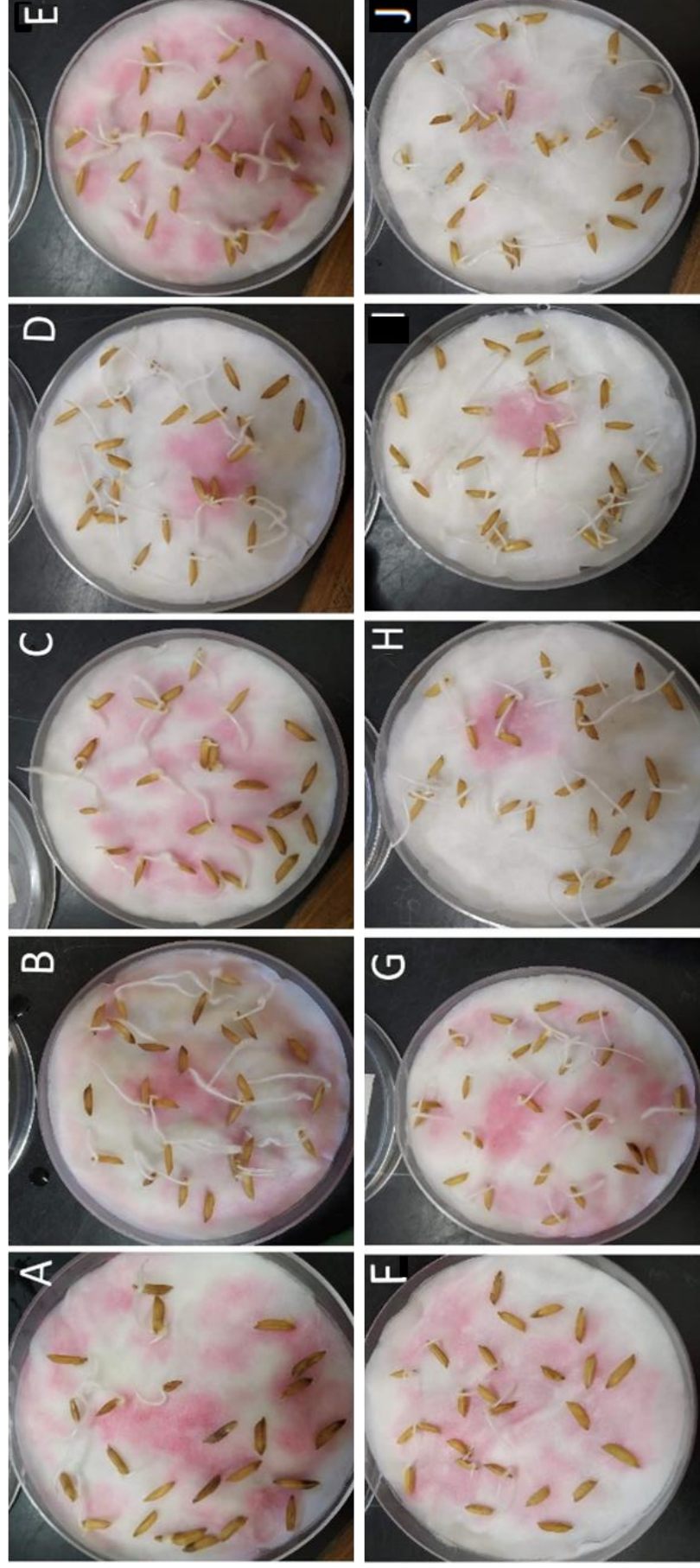


Figura 9. Energía germinativa de los cultivares registrada a los 5 días: **A)** PAC 103 - PE₁ (1.14 g/cm³); **B)** PAC 103 - PE₂ (1.14-1.18 g/cm³); **C)** PAC 103 - PE₃ (1.18-1.23 g/cm³); **D)** PAC 103 - PE₄ (>1.23 g/cm³); **E)** PAC 103 - Testigo; **F)** TAIM - PE₁ (1.14 g/cm³); **G)** TAIM - PE₂ (1.14-1.18 g/cm³); **H)** TAIM - PE₃ (1.18-1.23 g/cm³); **I)** TAIM - PE₄ (>1.23 g/cm³) y **J)** TAIM - Testigo.

4. Determinación de parámetros asociados al vigor de semillas

4.1. Días a emergencia

La figura 10 presenta los resultados obtenidos al evaluar los días a emergencia de los cultivares estudiados clasificados en diferentes categorías de PE.

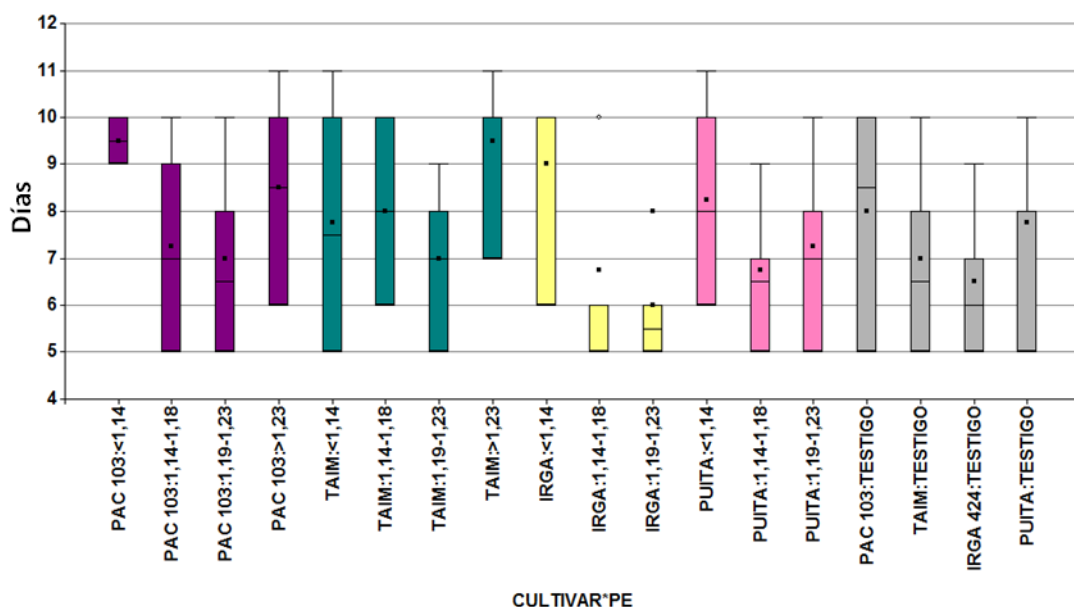


Figura 10. Días a emergencia de tres variedades comerciales (TAIM, IRGA 424, PUITA) y una línea experimental (PAC 103) de arroz según su peso específico.

El ANAVA fue no significativo para las fuentes de variación Cultivar (p-valor 0.7371), PE (p-valor 0.1190) e Interacción Cultivar*PE (p-valor 0.9598). En este sentido, Gregori et al. (2011) mediante evaluaciones a campo tampoco halló diferencias significativas entre los PE intermedios y las muestras testigo al evaluar el stand de plantas a los 7 días en la provincia de Entre Ríos. La gráfica permite inferir que para la mayoría de los casos existió una dispersión de los días a emergencia de cada tratamiento; considerando que cada caja del box plot encierra al 50% de datos.

4.2. Stand de plantas

El ANAVA para la variable stand de plantas fue significativo únicamente para la fuente de variación PE (p-valor 0.0124). Los valores medios del stand de planta según el PE se detallan en la tabla 9, observándose que solo se diferencia estadísticamente la fracción de menor PE del resto. La misma información se presenta en la figura 11.

Tabla 9. Valores medios $\pm$ DE del stand de plantas de arroz según el peso específico de las semillas.

	Stand de plantas
<1.14 g/cm ³	7.94 $\pm$ 4.57 A
1.14-1.18 g/cm ³	10.81 $\pm$ 3.31 B

1.19-1.23 g/cm ³	12.44±3.67 B
>1.23 g/cm ³	10.63±4.57 B
Testigo	12.00±4.02 B

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (DGC, $p < 0.05$).

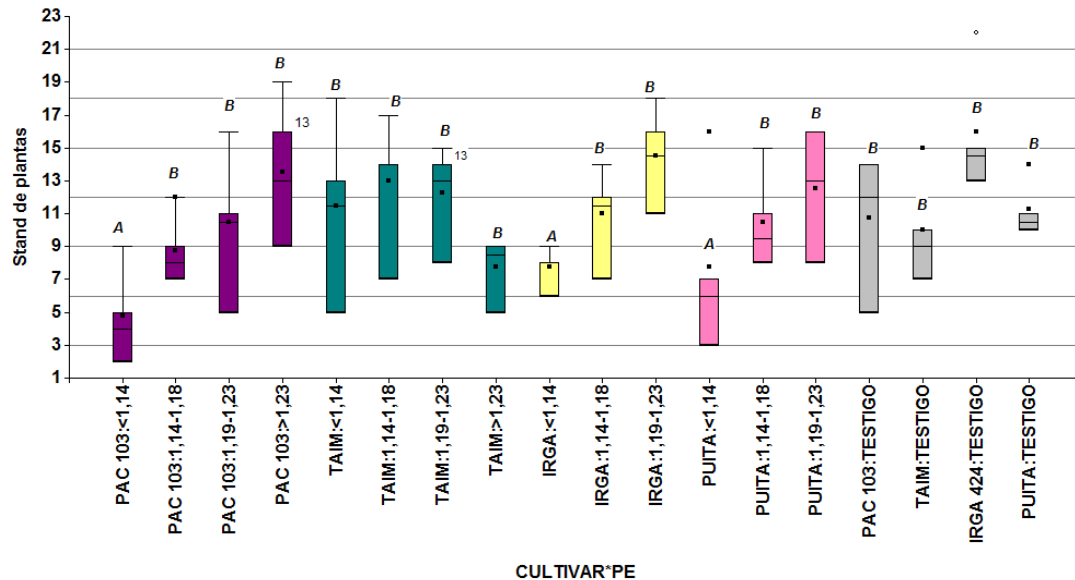


Figura 11. Stand de plantas de tres variedades comerciales (TAIM, IRGA 424, PUITA) y una línea experimental (PAC 103) de arroz según su categoría de peso específico o tratamiento testigo.

La evaluación de la variable “stand de plantas” muestra que las semillas con PE $< 1.14 \text{ g/cm}^3$ tienen un comportamiento inferior respecto a las categorías superiores de PE y el testigo. Los resultados logrados coinciden parcialmente con lo observado por Sung and Delouche (1962) quienes mencionan una correlación positiva entre el peso de la semilla y el crecimiento de las plántulas. En el presente caso no se ha detectado la mejora consecutiva de las variables indicadas en las categorías de PE superiores a 1.14 g/cm^3 .

4.3. Vigor vegetativo

Los resultados de esta variable se presentan en la tabla 10. El ANAVA para Vigor vegetativo resultó no significativo para las fuentes de variación Cultivar (p-valor 0.2479), PE (p-valor 0.1896) y su interacción (p-valor 0.4118).

Tabla 10. Valores medios $\pm$ DE del vigor vegetativo registrado para tres variedades comerciales (TAIM, IRGA 424, PUITA) y una línea experimental (PAC 103) de arroz, clasificada según el PE de sus semillas.

Vigor vegetativo*		
PAC 103	$< 1.14 \text{ g/cm}^3$	3.00 ± 0
	$1.14-1.18 \text{ g/cm}^3$	3.00 ± 0
	$1.19-1.23 \text{ g/cm}^3$	3.50 ± 1

	>1.23 g/cm ³	3.00±0
	Testigo	3.00±0
TAIM	<1.14 g/cm ³	3.00±0
	1.14-1.18 g/cm ³	3.50±1
	1.19-1.23 g/cm ³	2.50±1
	>1.23 g/cm ³	3.00±0
	Testigo	3.00±0
IRGA 424	<1.14 g/cm ³	3.00±0
	1.14-1.18 g/cm ³	3.50±1
	1.19-1.23 g/cm ³	3.00±0
	Testigo	2.50±1
PUITA	<1.14 g/cm ³	3.50±1
	1.14-1.18 g/cm ³	4.00±1
	1.19-1.23 g/cm ³	3.50±1
	Testigo	2.50±1

**Vigor vegetativo según la escala IRRI (1996): 1. Extra vigor: crecimiento muy rápido; plantas con 5 hojas tienen 2 macollos en la mayoría de la población; 3. Muy vigoroso: crecimiento rápido; plantas con 4-5 hojas tienen 1-2 macollos en la mayoría de la población; 5. Normal: plantas con 4 hojas; 7. Débiles: plantas algo enanas; 3-4 hojas; población pobre, sin formación de macollos; 9. Plantas muy débiles: retraso en el crecimiento y amarillamiento de hojas.*

Las diferencias en el vigor de la semilla incluyen procesos bioquímicos y reacciones durante la germinación, tasa y uniformidad de la emergencia, crecimiento de plántulas en el campo y laboratorio, capacidad de emergencia de las plántulas en condiciones ambientales desfavorables, entorno previo a la cosecha, posición de la semilla en la planta madre, tamaño, peso o peso específico de la semilla, integridad mecánica, deterioro, envejecimiento, patógenos, tratamiento de semillas y variabilidad genética (IRRI, 1987).

En el presente trabajo se ha considerado la multiplicidad de factores que determinan el vigor de las semillas. No obstante, todas las variables englobadas en el ítem 4 y evaluadas en el ensayo conducido en el exterior del laboratorio dieron respuestas menos consistentes que las obtenidas en gabinete. Los resultados obtenidos y su análisis ponen de manifiesto inconsistencias que tal vez se deban a errores procedimentales en la siembra (profundidad), la protección del cultivo (daño de aves) y otros, que deberían haberse contemplado.

Conclusiones

Los cultivares PUITA e IRGA 424 presentan la mayor proporción de semillas, en relación al PE, en la fracción 1.14-1.18 g/cm³; TAIM y PAC 103 lo hacen en la fracción de 1.19-1.23g/cm³, además de mostrar una cantidad considerable de semillas con peso específico superior a 1.23g/cm³.

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 respecto a IRGA 424 y PUITA. En cuanto al largo, se determinó un gradiente creciente: PUITA, TAIM e IRGA 424 y PAC 103. El análisis particionado por cultivar determinó que en IRGA 424 las semillas de mayor PE presentan menor largo y ancho; en PAC 103 las semillas de PE superior a 1.23 g/cm³ resultan más largas que las de la fracción 1.14-1.18 g/cm³; y, en TAIM, el ancho de las semillas con PE igual o mayor a 1.19 g/cm³ fue superior al del rango 1.14-1.18 g/cm³.

El peso de las 1000 semillas fue evidentemente afectado por el cultivar y el PE. Las semillas de PAC 103 sobresalieron por su mayor masa. El efecto del PE se evidenció a través de un gradiente: semillas con menor P₁₀₀₀ (PE <1.14 g/cm³), semillas con P₁₀₀₀ intermedio (testigo y rango PE 1.14-1.18 g/cm³) y semillas con mayor P₁₀₀₀ (rango PE 1.19-1.23 g/cm³).

El poder germinativo, el porcentaje de plantas normales, anormales y de semillas no germinadas así como la energía germinativa varían en función del PE. En los casos donde el efecto del PE fue significativo se observó que la fracción de PE menor a 1.14 g/cm³ presentó PG y porcentaje de plantas normales más bajas, como así también % de plantas anormales y semillas no germinadas más alta y menor energía germinativa.

De las variables asociadas al vigor de semillas, la fuente de variación PE resultó significativa para el stand de plantas. Se determinó que las semillas con PE <1.14 g/cm³ tienen menor establecimiento. Las variables días a emergencia y vigor no mostraron diferencias estadísticas.

Bibliografía

- Akil, B.A., y Araújo, F.A.X. (1977). Relationships between weight, density, storability and germination characteristics of rice seed. *Ciéntifica Agronómica* FAO of the United Nations. Libraries of the United States, with locations in Beltsville, Maryland and Washington, D.C. 7 (1-2): 59-63.
- Apuan, D., Demayo, C., Gorospe, J., Amparado, R., y Torres, M.A.G. (2011). Intra-panicle variation in seed shapes of weedy rice. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 5: 185-191.
- Balamurugan, P. (1993). Seed production techniques in BSH-1 and quality assessment in parental lines and hybrid of sunflower. *Helianthus annuus* L. Ph.D. Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India.
- Baskin, C. (1990). The relationship between seed density/specific gravity, seed quality and plant performance. Thesis of graduate students of the several major professors in Agronomy-Seed Technology at MSU. Seed Technology Laboratory, Mississippi. State, MS, EEUU. <https://ir.library.msstate.edu/bitstream/handle/11668/14131/1990%261992-07-BaskinRelationship.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bravato, M. (1974). Estudio morfológico de frutos y semillas de las Mimosoideae (Leguminosae). Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica* 9 (1-4): 317-361.
- Cerovich, M., Fausto, M., Figueroa, R., López, A., y Trujillo, A. (2004). El peso específico como indicador de calidad física y fisiológica en semilla certificada de arroz. *Agronomía Tropical* 54(1): 17-30. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000100002&lng=es&tlng=es
- Chandraprakash, R., Alex Albert, V., Eevera, T., Geetha, R., Masilamani, P. y Rajkumar, P. (2019). Effect of specific gravity separation on seed germination and biochemical potential of castor hybrid YRCH1. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*; <http://www.phytojournal.com/archives/?year=2019&vol=8&issue=4&ArticleId=9319>
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Gonzalez, L., Tablada, E. Díaz, M., Robledo, C. y Balzarini, M. (2005). *Estadística para las Ciencias Agropecuarias*. Córdoba, Argentina. Ed. Di Rienzo. Sexta Edición.
- Díaz Solís, S.H., 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. Cultivos Tropicales* 36(2): 131-141 pp.
- EMBRAPA. (1991). TAIM. Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária – Centro de pesquisa agropecuária de terras baixas de clima temperado CPATB. Capao do leao Pelotas, RS. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80290/1/FD-1991.0003.pdf>
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2018). Seguimiento del Mercado de arroz de la FAO. Informe técnico. <http://www.fao.org/3/I9243ES/i9243es.pdf>
- França-Neto, JB. (2016). Evolução do conceito da qualidade das sementes. *Seed News*. 5: 32-40 pp.
- Fundación Proarroz. (2015). PUITA INTA CL. EEA Concepción del Uruguay. Entre Ríos. <http://proarroz.com.ar/informacion-de-interes/variedades-de-arroz/puita-inta-cl>
- Gregori, L.A., Pirchi, H.J., Arguissain, G.G. y Crepy, M.A. (2011). Calidad de semilla de arroz: incidencia del peso específico, contenido de proteína y desarrollo de patógenos. Resultados experimentales. *Proarroz e INTA. Concepción del uruguay, Entre Rios* Vol. 20: 129 – 136.
- Hoy, D.J. y Gamble, E.E. (1985). The effect of seed size and seed density on germination and vigor in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Canadian Journal of Plant Science* 65: 1-8.

- Huang, R., Jiang, L., Zheng, J., Wang, T., Wang, H., Huang, Y. y Hong, Z. (2013). Genetic bases of rice grain shape: so many genes, so little known. *Trends Plant Science*.18: 18–226.
- IRRI (International Rice Research Institute). (1987). Rice Seed Health. Proceedings of the International Workshop on Rice Seed Health. Manila, Philippines. http://books.irri.org/9711041863_content.pdf
- IRRI (international rice research institute). July (1996). International Network for Genetic Evaluation of Rice. Inger (genetic resources center). Standard evaluation system for rice. 4th edition.
- ISTA (International Seed Testing Association). (2012). International rules for seed testing. Bassersdorf. Switzerland. Suiza. Ed. ISTA.
- ISTA (International Seed Testing Association). (1999). International rules for seed testing. Bassersdorf. Switzerland. Ed. ISTA.
- Jayashree, N.E. (1996). Studies on seed processing technology for fuzzy seed in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). M.Sc. (Ag) Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India.
- Montoya, M., Alemán, L., Cova, J., Pérez-Almeida, I. y Rodríguez, N. (2007). Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolanas. *Agronomía tropical*. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Estado Aragua. Venezuela.
- Nelson O. Stuart. (2001). Dimensional and density data for sedes of cereal grain and other crops. Food and process Engineering Institute of ASAE. Russell Research Center. USDA. Athens. Georgia State. EEUU.
- Ortiz Domínguez, A. (1997). Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de ecotipos de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. Tesis de MSc. UCV. FAGRO. Maracay. Venezuela. 117 pp.
- Prashant N. Ghadge and K. Prasad. (2012). Some Physical Propieties of rice Kernels: Variety PR-106. *JFood Process Technol* 3:175. Doi:10.4172/2157-7110.1000175
- Ramanadane T. y Ponnuswamy A.S. (2007). Separation of quality seeds by density grading in stored seed lot of rice (*Oryza sativa* L.) hybrids ORYZA Crop Physiology44 (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. Tesis de MSc. UCV FAGRO. Maracay, Venezuela. 56 pp.
- Roy, S.K., Giashuddin, M., Hamid, A. y Hashem A. (2008). Seed size variation and its effects on germination and seedling vigour in rice. *J. of Agronomy and Crop Science*. 176 (2): 79-82.
- Ruan, S., Tylkowska, K. y Xue, Q. (2002). The influence of priming on germination of rice (*Oryza sativa* L.) seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. *Seed Science and Technology* 30 (1): 61-67.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, (2019). Estimaciones - Arroz - Producción - Total País. Recuperado en: <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>
- Sementes Cauduro. (2020). IRGA 424. São Vicente Do Sul. Brasil. <https://sementescauduro.com.br/irga-424/>
- Shi, Q.H. y Shen, Z.T. (1994). Analysis of genetic effects of grain trait in indica rice. *J. Zhejiang Agric. Univ*. 20: 404–410.
- Shi, Q.H. y Shen, Z.T. (1996). Additive and dominance correlation analysis of grain shape and yield traits in indica rice. *Acta Agron. Sin*. 22: 36–42.

- Sivasubramanian, K. (1996). Studies on certain aspects of seed quality in *Moringa* (*Moringa pterygosperma* Gearth) Pkm-1. Ph.D. (Ag) Thesis. Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore. India.
- Sung, T.Y. y Delouche, J.C. (1962). Relation of specific gravity to vigor and viability in rice seed. Proceedings of the Official Seed Analysts. 52:162-168.
<https://ir.library.msstate.edu/handle/11668/13327>
- Vaughan, D.A., Song, G.E., Akito, K. y Norihiko, T. (2005). On the phylogeny and biogeography of the genus *Oryza*. Japanese Society of Breeding. Sci. 55: 113-122.
- Vijayakumar, A. (1996). Seed technological studies in bhendi. (*Abelmoschus esculetus* L.). Ph. D. Thesis, Agricultural University, Coimbatore, Tamil Nadu, India.
- Yang, L.S. (2001). Research progress of rice grain type and its inheritance. J. Anfu Agric. Sci. 29: 164–167.
- Zapata, F.J. y Ella, E.S. (1988). Specific gravity of the grain – a factor to consider in rice tissue culture. Tissue culture laboratory, Plant Breeding Departament. Manilla Philippines. J. Plant Phystol 132: 294-296.