

Efecto de la humedad de cosecha sobre la calidad del grano en arroz (*Oryza Sativa* L.)

Harvest humidity effect on the rice grain quality (*Oryza Sativa* L.)

¹Rosa Alvarez-Parra, ¹Pedro Garcia-Mendoza, ¹Edicta Reyes-Ramone, ²Marco Acevedo-Barona
y ³Orlando Torres-Angarita

RESUMEN

La calidad de grano del cultivo del arroz está determinada por eventos que ocurren en campo y agroindustria. Desde su desarrollo, hasta cuando son procesados, los granos de arroz están expuestos a la acción tanto de factores abióticos, como bióticos, los cuales afectan su calidad y pueden ocasionar un deterioro acelerado, dependiendo del número y de la intensidad con que ellos actúen. La humedad del grano es el factor de mayor importancia, el cual debe ser controlado antes y después de la cosecha, pues determina la calidad del grano. En este sentido, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la humedad del grano sobre la calidad molinera de 8 genotipos de arroz evaluados en el período de lluvias del 2010, en la Finca “La Nona”, ubicada en el Caserío Jobal en Medio, Municipio Píritu, Estado Portuguesa. Los resultados sugirieron que la humedad de cosecha afectó a todas las variables molineras evaluadas. Se encontró una correlación positiva entre la humedad de cosecha y el porcentaje de cáscara, afrecho y rendimiento de grano entero y una correlación negativa entre la humedad de cosecha y el rendimiento de masa blanca, porcentaje grano descascarado y la apariencia del grano. El mejor desempeño en rendimiento de grano entero se observó con humedades de cosecha de 20% y 22%. Los resultados indicaron que las humedades de grano para la recepción en planta establecido por la agroindustria nacional garantizan obtener los mayores índices de rendimiento en molino.

Palabras clave: *Oryza sativa*, *humedad de cosecha*, *calidad de grano*, *molinería*.

ABSTRACT

The rice grain quality is determined by events that occur in the field and agribusiness. From their development, until when they are processed, the rice grains are exposed to the action of both abiotic and biotic factors, which affect their quality and can cause accelerated deterioration, depending on the number and intensity with which they act. The grain humidity is the most important factor, which must be controlled before and after harvest, since it determines the quality of the grain. Thus, the objective of this study was to determine the grain moisture effect on the milling quality of 8 rice genotypes evaluated in the 2010 rainy season, at the “La Nona” Farm, located in the Jobal en Medio homestead, Píritu Municipality, Portuguesa State. The results suggested that the harvest moisture affected all

the milling variables evaluated. A positive correlation was found between harvest moisture and the husk percentage, bran and whole grain yield and a negative correlation between harvest moisture and white mass yield, percentage of husked grain and the grain appearance. The best performance in whole grain yield was observed with 20% and 22% harvest humidities. The results indicated that the grain humidity for the reception in plant established by the national agribusiness guarantee to obtain the highest indexes in milling yield.

Keyword: *Oryza sativa*, harvest moisture, grain quality, milling.

¹INIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Portuguesa, Araure, Apdo. 3303. Venezuela

²INIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Guárico, Calabozo, Apdo. 2312. Venezuela

³INIA. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Barinas, Apdo. 5201. Venezuela

INTRODUCCIÓN

Los programas de mejoramiento de arroz trabajan con el objetivo de obtener variedades competitivas en el mercado, es decir, con alto potencial de rendimiento, resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades, tolerantes al vuelco, además de buena calidad molinera y culinaria del grano, a fin de que sea aceptado por el agricultor, el molinero y en última instancia por el consumidor. La calidad del grano es uno de los tres factores más importantes para los fitomejoradores, debido que si los consumidores no aceptan el sabor, textura o el aroma de una variedad, su utilidad disminuye considerablemente (CIAT 1989).

La calidad del grano de arroz es el resultado de la acción de numerosos y variados factores; algunos están relacionados con las propiedades físico-químico del grano tales como: tamaño, forma, peso, pigmentación, dureza, temperatura de gelatinización y contenido de amilosa, mientras que otros factores están relacionados a la cosecha y su manejo, incluidas las labores de recolección, secado, transporte, procesamiento, almacenamiento, etc. La calidad del arroz, al igual que otros productos alimentarios, generalmente se evalúa de acuerdo a las preferencias y gustos de los consumidores. En Venezuela, los consumidores prefieren comprar empaques de arroz bien

molinado, carentes de materia inerte, con el mayor porcentaje de granos enteros, con granos similares en forma y tamaño, además de translucidos (CIAT 1989).

La conversión del arroz con cáscara (paddy) en una forma apropiada para el consumo humano, como arroz de mesa, implica la remoción de las cubierta exteriores (Lemma y palea), la cubierta de la semilla (salvado) y por último, requiere de una especie de pulido o brillo en el que se remueve la capa más fina o cutícula que cubre el grano. El comportamiento de los materiales al proceso de molienda determina la calidad molinera, la cual viene dada por el rendimiento en molino (cantidad total de granos blancos, enteros y partidos, recobrados de una muestra de arroz con cáscara) y por el rendimiento del arroz entero (proporción del grano entero pulido obtenido de una muestra de arroz con cáscara) CIAT, 1989. Existen factores ambientales que tienen un impacto sobre el rendimiento en molino, tales como la humedad relativa, fluctuaciones en la temperatura, precipitación, humedad de cosecha y procesos de secado artificial (Castillo, *et al.*, 1997). Este impacto puede ser observado sobre el rendimiento en grano entero del arroz, el cual puede disminuir hasta en un 74 % (Alvarado, 1996).

Cuando el cultivo del arroz se encuentra en la fase de maduración, la pérdida de humedad del grano se realiza de manera gradual en el campo y la uniformidad del

secado de la masa de arroz paddy va a depender de la uniformidad de establecimiento del cultivo (ausencia de zonas irregulares que originen plantas con retraso en el crecimiento) y de las características propias de las variedades (Castillo, 2003). Otro factor que tiene una alta influencia es la dispersión o desviación estándar de la humedad, que se refiere a la diferencia de humedad que se da entre los granos individuales, generada por la maduración escalonada de dichos granos (Gaviria y Gaviria, 2011). De acuerdo a Siebenmorgen et al. (1990), la dispersión de humedad ayuda a explicar la proporción de granos inmaduros y propensos a quebrarse, así como también la proporción de granos muy secos, con mayor propensión a fisurarse en el campo. Existe correlaciones entre la humedad de recolección, el porcentaje de granos maduros, la homogeneidad de la masa de granos y el rendimiento de masa blanca y de granos partidos de las variedades de arroz (Castillo, 2003). Asimismo, existe correlación entre la presencia de granos inmaduros y de color verde asociados con alto contenido de impurezas y el bajo rendimiento posterior de molinería.

A medida que disminuye la humedad de recolección, hasta límites característicos de cada variedad, se obtienen lotes de granos de mayor rendimiento, tanto en índice de grano blanco total como en el de entero, principalmente porque todos los granos han tenido mayor tiempo de maduración. Es necesario determinar la

humedad ideal o la más adecuada por cultivar, donde se obtenga la mayor uniformidad de los granos, correlativa al grado de madurez y a la menor cantidad de granos partidos (Castillo, 2003). Para la obtención de mayor rendimiento industrial, se ha recomendado realizar la cosecha de arroz a humedades de grano entre el 18 % y 25 % (Alvarado, 1996).

La industria utiliza principalmente el rendimiento en grano entero para determinar la calidad del grano de arroz. Sin embargo, como ya se ha expuesto, esta característica es influenciada por factores asociados al proceso de cosecha y pos cosecha. Durante el proceso de descascarado y pulido, los granos sufren deformaciones mecánicas producidas por las fuerzas aplicadas sobre ellos, que inevitablemente provocan la rotura de algunos de ellos. El origen de estas fracturas se encuentra principalmente en las fisuras internas del grano, debido a que ellas producen zonas de debilidad (Rhind, 1962). Las fisuras en los granos de arroz se generan por el proceso de reabsorción de humedad en el grano, durante el proceso de pérdida de humedad en campo o durante el proceso de secado en la agroindustria. Los ambientes en los cuales el arroz adsorbe agua pueden producirse naturalmente por cambios en la temperatura y humedad relativa del aire (en campo) o cuando el arroz cosechado (compuesto por granos con distintas humedades) es sometido a métodos de secado con aire caliente aplicados de

manera incorrecta. En cualquiera de los casos planteados, las células externas del grano adsorben humedad y se expanden generando con ello fuerzas de compresión en las capas superficiales del grano; estas a su vez, generan fuerzas de compresión y de tracción a lo largo del eje longitudinal del grano. Cuando la resistencia a la tracción del grano es superada, se desarrollan fisuras perpendicularmente a dicho eje. Aunque el fisurado es la principal causa del quebrado durante la molienda, no todos los granos que presentan este defecto se parten al procesarlos (CIAT-1989).

Otro componente de la calidad del grano, lo constituye la apariencia del grano. La apariencia del grano se evalúa por la presencia áreas opacas en los granos de arroz denominadas centro blanco, panza blanca o dorso blanco (según su localización en el endospermo). El centro blanco se observa tanto en los arroces glutinosos (aquellos que son completamente opacos) debido a la presencia de poros dentro de los gránulos de almidón, como en arroces no glutinosos por la falta de compactación de las partículas de almidón y proteínas en las células. Los gránulos de almidón en las áreas opacas son esféricos y poco compactos, en contraste con los gránulos poliédricos compactos característicos de las áreas translucidas. El centro blanco no debe confundirse con la apariencia superficial del arroz glutinoso o ceroso, o con aquellos granos inmaduros que no

terminaron su proceso fisiológico de maduración y que al cosecharse con un alto contenido de humedad y luego de secarse tomaron una apariencia yesosa (CIAT 1989). El centro blanco afecta la calidad molinera del grano, debido que contribuye al rompimiento del grano durante la molienda, por ser las áreas opacas del endospermo más blandas que las áreas cristalinas. Bajo condiciones de estrés hay un incremento en el porcentaje de centro blanco y por ende la susceptibilidad al rompimiento se incrementa.

La opacidad desaparece en la cocción y no tiene efecto directo sobre el comportamiento en cocina y el sabor, pero si influye en la preferencia por parte del consumidor, los cuales prefieren granos translucidos o cristalinos, a tal punto que están dispuesto a pagar un precio mayor; por este motivo, los fitomejoradores ponen particular interés en el desarrollo de variedades libres de centro blanco (CIAT 1989).

En Venezuela el Ministerio de Industria y Comercio, a través de una comisión designada para los efectos, aprobaron las normas Covenin 44-90 para el arroz paddy. Esta norma se ha reconsiderado en diversas oportunidades y actualmente los parámetros de recepción de arroz paddy establecen porcentajes de humedad para su aceptación en el rango de 24 máximo y 20 mínimo. El objetivo de este estudio fue Determinar el efecto de la humedad de

cosecha sobre la calidad molinera de líneas éliticas y variedades de arroz, así como determinar si las humedades óptimas de cosecha de estos cultivares se sitúan en los parámetros de recepción exigidos por la Agroindustria Nacional, a fin de contribuir en la caracterización de las variedades de arroz venezolano en cuanto a calidad molinera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo durante el ciclo de lluvias del año 2004, en la Finca “La Nona”, ubicada en el Caserío Jobal en Medio, Municipio Píritu, Estado Portuguesa, dentro de las siguientes coordenadas UTM: entre 453.000 E, 453.500 E, 1.00300N y 1003.050 N, con suelos de origen aluvial, de textura media a pesada, de mediana a alta fertilidad, de Topografía plana, con pendiente de 0,4%. Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con ocho tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en cuatro líneas elites (PN00A014, PN00A017, PN00B010, PN02I01) y cuatro variedades de arroz: Cimarron, Fonaiap-1, Fedearroz-50 y Venezuela-21, todas provenientes del Programa Nacional de Mejoramiento Genético de Arroz. La unidad experimental fue de 100m². (10m x 10m). La siembra se efectuó el 30 de Marzo del 2004, al voleo, con semilla pregerminada, utilizando una densidad de siembra de 170 Kg/ha. En la etapa inicial se aplicó riego de mantenimiento, estableciendo lámina

de agua a los 20 días después de la siembra (dds). La fertilización básica se realizó a los 17 dds con fórmula completa (14-14-14), a razón de 350 Kg/ha. Se aplicaron dos reabonos; el primero a los 35 y el segundo a los 48 dds, utilizando una mezcla de urea y cloruro de potasio (KCl), para un total de 164 kg /ha de nitrógeno (N), 49 kg./ha de P₂O₅ y 97 K₂O.

El control de malezas se realizó a los 12 dds, mediante la aplicación de herbicidas post-emergente al cultivo para el control de malezas gramíneas, cyperáceas y hojas anchas, utilizando una mezcla de Propanil (4 l/ha) + Pyrazosulfuron-etil (250 g/ ha) + Metsulfuron metil (1,5 gr/ha) y Butaclor (3 lts/ha). El control de plagas y enfermedades se realizó en la fase de floración (69 dds), aplicando el fungicida Benlate (Benomilo) a razón de 1,5 Kg./ha y el insecticida Amidor (Metamidofós) a razón de 1 l/ha., de manera preventiva para controlar piricularia (*piricularia oryza*) en cuello y chinche vaneador del grano de arroz (*Oebalus spp*). La aplicación fue aérea al igual que en el arroz comercial. Durante el ciclo del cultivo se efectuaron varias aplicaciones de Raticida para el control de Roedores.

La cosecha se realizó de forma manual mediante la utilización de hoz, en tres fases, comenzando cuando cada material alcanzó en campo la humedad de grano de 22%, la segunda al 20% y la tercera al 18%. En cada una de las cosechas se tomó

una muestra de 3 Kg. de semilla/unidad experimental. Las muestras fueron tomadas al azar dentro de cada una de las parcelas y fueron depositadas en bolsas de papel con la identificación correspondiente (nombre de ensayo, número de la parcela en campo, fecha de cosecha, humedad de cosecha y nombre del cultivar). Al momento de cada cosecha, se determinó la humedad de grano en el campo, utilizando un Tester marca DOLE. Las muestras fueron trasladadas inmediatamente al laboratorio, en donde se realizó los análisis de calidad molinera.

Las muestras fueron identificadas en el laboratorio al momento de la recepción, mediante la utilización de TIMRA (Tarjeta de Identificación de Muestras y Registros de Análisis) y determinada la humedad del grano, utilizando el medidor de humedad Steinlite. Se limpió de impurezas con un equipo Tipo BATES, para posteriormente ser pasada por un divisor homogenizador, a fin de ser dividida en dos partes iguales de 1,5 Kg; a una de ellas se le asignó el nombre de muestra y a la otra el nombre de contramuestra. Las muestras limpias se colocaron simultáneamente en las bandejas de la secadora de muestras, marca Gran El S-800, la cual cuenta con un sistema de medición de temperatura en el aire de entrada que sirve de guía para el control de temperatura en el sistema de calentamiento. Se colocó la temperatura del aire de secado entre 37 y 38°C. La

duración del secado fue generalmente de 5 a 6 horas, terminando el grano a una humedad final de alrededor de 12%. El análisis de calidad molinera de cada muestra se realizó inmediatamente después de haber sido sometida al proceso de secado alcanzando la humedad de grano de 12%. Para ello, las muestras una vez secadas, fueron empacadas en bolsas plásticas y cerradas herméticamente junto con su TIMRA correspondiente, por un tiempo no menor de 24 hr, para luego seguir con el proceso de molinería.

Una vez concluido el tiempo de reposo de 24 horas, las muestras se sometieron al proceso de descascarado, utilizando un descascarador Sheller McGill, calibrado en velocidad de entrada del Paddy al equipo: 1000 gr. en 2 minutos, Apertura del dial de calibración: 19, Extracción de cascarilla: 98% mínimo y Porcentaje de grano descascarado: 90 a 95%. Se anotó en la TIMRA la fecha y hora del descascarado y el peso de la masa de granos descascarados resultante del proceso (arroz cargo). El proceso de pulimento fue realizado utilizando el pulidor McGill N° 3, pasando las muestras por 30 segundos con 2 libras en la barra y de inmediato, por otros 30 segundos sin pesas en el porta pesas. Antes de iniciar el proceso de pulimento, se aseguró que la masa pulidora del equipo estaba caliente, a fin de evitar la cohesión de los granos de arroz en el aparato. La muestra de masa blanca fue pasada por el divisor homogeneizador, a

fin de obtener una sub muestra de 100 g, para continuar con el proceso de molinería. Esta muestra fue empacada con su respectiva TIMRA en bolsa plástica de capacidad de 100 g y cerrada herméticamente. En el proceso de pulido, la muestra de 100 gr de masa blanca, se pasó 2 veces por el equipo separador de granos, a fin de separar y obtener granos enteros y de esta muestra se procedió a pesar 25 g, el cual fue empacada con su respectiva TIMRA, a fin de proseguir el proceso de análisis de molinería. Sobre la muestra de granos enteros de 25 g, se separó manualmente los granos yesosos (granos con manchas opacas en más de 50% del área del grano) y granos con Centro Blanco (granos con manchas opacas menores al 50% del área del grano), los cuales fueron pesados, a fin de calcular el porcentaje en relación al 100% de granos yesosos y de centro blanco. Para pesaje de las muestras se utilizó una balanza de precisión de 0.1 g.

Se evaluaron las variables inicio de Floración (IF), Aceptación Fenotípica en Madurez (AF2), Excursion (Exc), Desgranado Predominante de la Panícula (DPP), Tolerancia al Acame (TAc) y Altura de la Planta (AP), utilizando el sistema de evaluación estándar en arroz del Instituto Internacional para la Investigación de Arroz (IRRI, 2002). Para determinar el rendimiento de grano (Rend), se tomó el peso en Kg producido en la parcela y se realizó la conversión necesaria para expresar dicho valor en

Kg/ha, corregido por la humedad a cosecha, llevándolo a 12% de humedad. Es de hacer notar que para la obtención del rendimiento total por parcela, se adicionó la cantidad en peso de arroz de las diferentes muestras para los análisis de molinería.

Se determinó el Porcentaje de Arroz Descascarado o Cargo (GrD), expresado en porcentaje y se refiere al número de granos de arroz descascarados de una muestra de 1000 g; Porcentaje de Cáscara (Cas), expresada en porcentaje y se deduce de la diferencia entre el peso total inicial de la muestra (1000 g) menos el arroz descascarado. Rendimiento de Masa Blanca (RMB), expresado en porcentaje y se refiere al número de granos pulidos (enteros + partidos) extraídos de una muestra de 1000 g. Porcentaje de Afrecho (PAf), expresada en porcentaje y se deduce de la diferencia entre el porcentaje de arroz descascarado y el porcentaje de masa blanca (MB). Rendimiento de grano entero (GE), expresado en porcentaje y se refiere al número de granos enteros que hay en una muestra de 100 g. Porcentaje de granos yesosos (GrY), expresada en porcentaje y se refiere al número de granos que presenta yeso en una muestra de 25 g. Porcentaje de granos con centro blanco (CB), expresado en porcentaje, se refiere al número de granos que presenta panza blanca en una muestra de 25 g. Granos con Yeso + centro blanco (Y-CB): es la sumatoria de los porcentajes obtenidos en

yeso y centro blanco, en una muestra de 25 g. Rendimiento de Masa Blanca (RendMB), expresada en porcentaje y se refiere al número de granos pulidos (enteros + partidos) extraídos de una muestra de 1000 g.

Análisis Estadístico

Los análisis de calidad Molinera se efectuaron en los laboratorios de la Almacenedora “Asoportuguesa, C.A.”, ubicada en Araure, estado Portuguesa, Venezuela. Fueron evaluadas las variables GrD, Cas, RenMB, PAf, GE, GrY y Y-CB.

Los datos obtenidos durante la realización de este experimento, fueron analizados utilizando el programa estadístico Statistix.7.0. Se realizaron las pruebas normalidad de los errores de WILK-SHAPIRO, homogeneidad de las varianzas de BARTLETT y la no aditividad de TUKEY (Steel y Torrie, 1988). Las variables acame de planta y Excursión fueron analizadas por la vía no paramétrica, mediante la prueba de FRIDMAN (Óliver et al., 2009; Molina y Rodrigo, 2014; Hesse et al., 2017). Para el análisis de varianza, los tratamientos se trataron como genotipos (líneas elites y variedades), se consideraron efectos simples de los genotipos (G) y la humedad de cosecha (H) y el efecto a interacción de primer Orden (G x H).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza de las variables

agronómicas, solo detectó diferencias altamente significativas para genotipos en rendimiento de grano. Acame de planta y excursión tuvieron que ser analizadas por vía no paramétricas, encontrándose efectos significativos de genotipo para ambas variables (Análisis no mostrados). El análisis de varianza efectuado con las variables de calidad, detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para el efecto de genotipos en todas las variables analizadas, lo que sugiere la diversidad en los materiales incluidos en el estudio. Resultados similares se observaron para el efecto del factor humedad, en donde la única variable que no presentó efecto significativo ($p > 0.05$) fue la variable centro blanco (CB), sugiriendo que las condiciones de humedad del grano afectó de manera similar el porcentaje de CB en todas las variedades de arroz. Los resultados obtenidos para el efecto humedad a cosecha coinciden con las investigaciones realizadas por Castillo *et al.*, 1997, en donde encontraron que la humedad de cosecha es uno de los factores ambientales que tienen un impacto directo sobre la calidad del grano del arroz.

La interacción G x H resultó estadísticamente importante ($p \leq 0.01$ o $p < 0.05$) sólo para las variables porcentaje de grano entero (GE) ($p < 0.05$) y porcentaje de afrecho (PAf) ($p \leq 0.01$), sugiriendo que para la mayoría de las variables el efecto de la humedad a cosecha afectó de la misma manera a

todas las variables de calidad analizadas, excepto para las variables GE y PAF, en donde se encontró que el la humedad a cosecha afectó de manera diferencial a las variedades incluidas en el estudio (tabla 1). Los coeficientes de variación (CV) alcanzaron valores que se pueden considerar apropiados para el tipo de variables analizadas (tabla 1), lo cual implica un adecuado manejo del ensayo en campo, bloqueando efectivamente las condiciones de pendiente y gradientes de fertilización, homogeneizando de manera

adecuada las condiciones experimentales del terreno. De manera general, todos los cultivares evaluados presentaron excelentes características agronómicas, a excepción de la línea PN00B010, la cual presentó altos niveles de vuelco. Los mejores rendimientos lo expresaron las variedades FEDEARROZ-50 y la línea PN02I01, seguidos por las variedades FONAIAP-1, VENEZUELA-21 y la línea PN00A014. La línea PN00B010 obtuvo el menor rendimiento de arroz paddy (análisis no mostrado).

Tabla 1. Cuadrados Medios del ANOVA realizados sobre ocho variables de calidad de grano evaluadas en ocho genotipos de arroz, bajo tres humedades de cosecha. Año 2004.

Fuentes de Variación	GL	GE	RenMB	Cas	GrD	PAf	CB	Yeso	Y+CB
Repetición (Rep)	2	24.55	5.12*	0.87	0.87	2.04	1.26	0.46	4.06
Genotipos (G)	7	393.67**	14.29**	2.21*	2.21*	15.99**	22.54**	74.15**	102.11**
Humedad (H)	2	616.95**	39.45**	7.73**	7.73**	6.23*	0.15	100.01**	88.12**
G x H	14	76.66*	3.00	0.72	0.72	4.22**	1.93	8.91	14.32
Error	48	34.82	2.07	1.01	1.01	1.65	3.79	8.37	15.15
TOTAL	71								
CV (%)		11.64	2.07	5.58	1.23	10.35	32	31.2	15.37

Efecto de la humedad de cosecha sobre la calidad molinera de las líneas elites: PN00A014, PN00A017, PN02I01, PN00B010 y la Variedad Venezuela 21.

Para porcentaje de cáscara se observó diferencias entre los genotipos evaluados, destacándose la variedad FONAIAP 1 con los valores más altos a los distintos niveles de humedades de cosecha (figura 1). Tomando en cuenta, la descripción varietal de los cultivares evaluados, en

donde FONAIAP 1 es el cultivar con el grano más largo, se puede inferir que las dimensiones del grano pueden estar influyendo en estas diferencias. Por otro lado, en la figura 1 se puede observar que la variedad Venezuela-21 y la línea PN00B010 presentaron una respuesta lineal negativa para el porcentaje de cáscara a media que disminuyó la humedad a cosecha, mientras que el resto de los genotipos evaluados disminuyeron el porcentaje de cascara cuando la cosecha

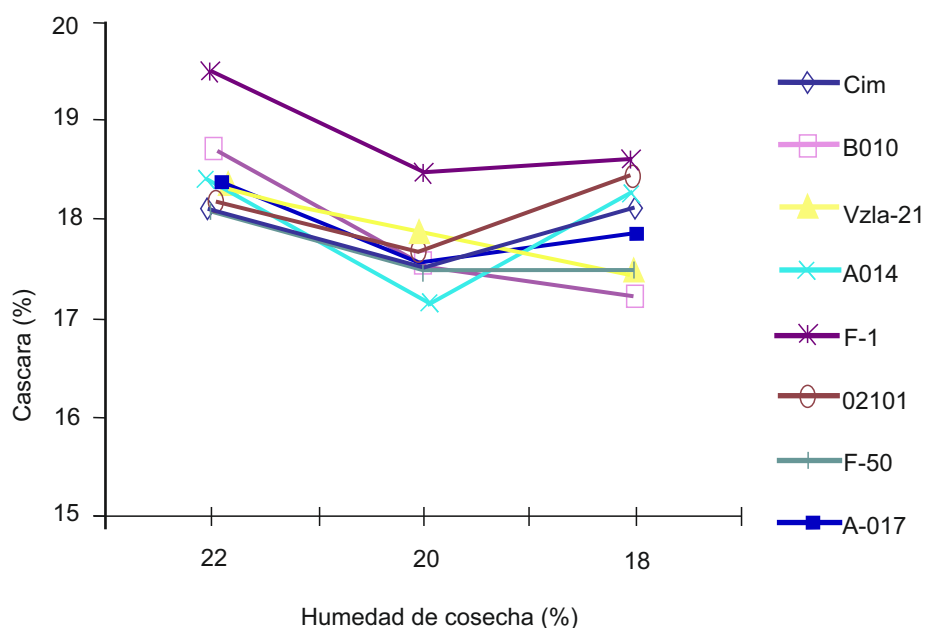


Figura 1. Porcentaje de cáscara de 8 genotipos de arroz bajo tres humedades de cosecha. Cim, B010, Vzla-21, A014, F-1, 02101, F-50 y A-017, significan, respectivamente, Cimarrón, PN00B010, Venezuela-21, PN00A014, Fonaiap-1, PN02I01, Fedearroz-50 y PN00A017.

Las pruebas de medias mostraron que, en general, el comportamiento en la molienda de los genotipos varió considerablemente a través de las tres humedades de cosecha (Tabla 2). En este sentido, el rendimiento de masa blanca (RendMB), grano descascarado (GrD), yeso y yeso más centro blanco (Y+CB) tuvieron una tendencia contraria al de porcentaje de afrecho y cáscara, pues mientras la tendencia en estas últimas fue a disminuir a medida que disminuyó la humedad a cosecha, en las primeras otras variables indicadas la tendencia fue a aumentar los porcentajes al disminuir la humedad a cosecha. Estas tendencias se consideran iguales para todos los genotipos evaluados, toda vez que el de interacción GxH resultó no significativo ($P>0.05$) para la mayoría de las variables

analizadas.

En general, los genotipos de arroz evaluados mostraron una tendencia a disminuir el porcentaje de afrecho en la medida en que se disminuyó la humedad de cosecha, excepto, las variedades Venezuela-21, FEDEARROZ-50 y las líneas PN00B010 y PN02I01; las cuales mostraron un comportamiento contrario. La variedad CIMARRON fue la que mostró los niveles más bajos de porcentaje de afrecho en los 3 niveles de humedad y la línea PN00A014 fue una de las más afectadas por la condición de humedad a cosecha, puesto que sus valores de afrecho se incrementaron cuando la cosecha se realizó a 20% humedad, pero disminuyó o significativamente cuando la cosecha se realizó a 18%.

Tabla 2. Valores promedios de las variables Cáscara, Rendimiento de Masa Blanca (RendMB), Arroz Descascarado o Cargo (GrD), Afrecho, granos yesosos (Yeso), Yeso más Centro Blanco (Y+CB) y Rendimiento de grano entero (GE), evaluada en 8 genotipos de arroz a tres humedades de cosecha diferentes.

Humedad (%)	Cáscara (%)	RendMB	GrD (%)	Afrecho (%)	Yeso (%)	Y+CB (%)	GE (%)
22	18.45 a	68.43 b	81.55 b	12.82 a	7.61 b	13.75 b	52,50 a
20	17.66 b	70.10 a	82.34 a	12.24 ab	10.22 a	16.17 a	52,88 a
18	17.94 b	69.88 a	82.06 a	12.17 b	9.98 a	16.01 a	46,53 b
media	18.02	69.47	81.98	12.41	9.27	15.31	50,64
mds	0.49	0.70	0.49	0.62	1.41	1.89	2,87

El Yeso y Yeso+ Centro Blanco tuvieron los mayores valores a las humedades 20% y 18% (tabla 2), lo cual implica que a medida que se cosecha los materiales a menores humedades, la calidad del grano disminuye por afectarse la apariencia del mismo. El rendimiento de grano entero, también estuvo influido por la humedad de cosecha, disminuyendo significativamente cuando la misma se realizó a la humedad de 18%. No obstante, hubo materiales que mostraron un comportamiento estable para esta variable tal como las variedades

FONAIAP-1 y FEDEARROZ-50, ya que su rendimiento de grano entero no se alteró con las diferentes humedades de cosecha (figura 2). Básicamente, el comportamiento del resto de los genotipos y la humedad de 18% son los responsables de la interacción existente entre la humedad de grano y el genotipo, debido a la variabilidad expresada por estos genotipos en las diferentes humedades de cosecha, especialmente en la humedad de 18%, donde la mayoría de ellos, cambian de magnitud en el valor del rendimiento de grano entero.

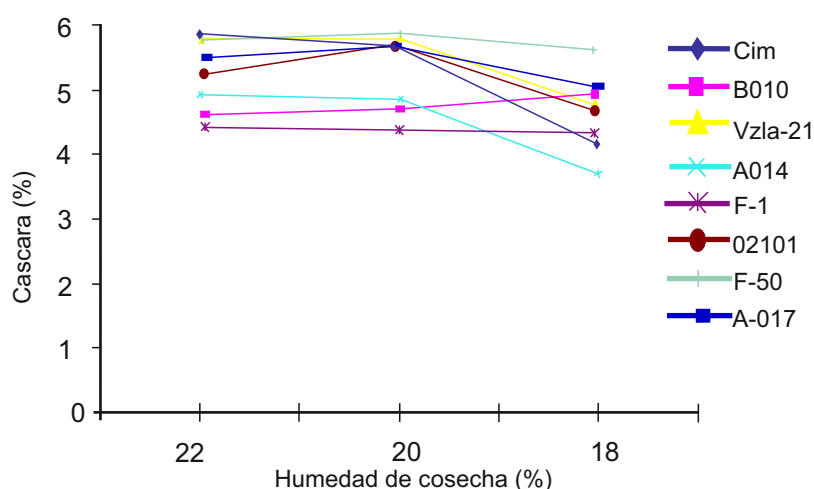


Figura 2. Rendimiento de grano entero obtenido en 8 genotipos de arroz cosechados a tres humedades diferentes.

Cim, B010, Vzla-21, A014, F-1, 02101, F-50 y A017, significan, respectivamente, Cimarrón, PN00B010, Venezuela-21, PN00A014, Fonaiap-1, PN02I01, Fedearroz-50 y PN00A017.

De los resultados obtenidos se desprende que a pesar que, de manera general, el rendimiento en masa blanca aumenta a medida que se cosecha a menores humedades, las variables que van a definir finalmente la calidad molinera del grano y por ende afectar el precio del producto como son el rendimiento de grano entero y la apariencia de grano (Yeso + Centro Blanco), son afectadas negativamente. Si observamos que el rendimiento de grano entero disminuye drásticamente cuando se pasa de la humedad 20% a la de 18% y a esto le sumamos que Yeso + Centro Blanco obtienen los mayores valores a partir de la humedad de 20%; podemos inferir, que aún cuando puedan existir cultivares de comportamiento estable para molinería, ante las distintas

humedades de cosecha; la agroindustria nacional obra con certeza, al haber establecido las humedades de grano para el momento de recepción en planta, entre 20 % y 24 %, puesto que en este rango de humedad, la mayoría de los cultivares no sufren alteración en cuanto a su comportamiento para las variables más importantes de calidad molinera de grano. Los análisis de correlación (cuadro 3), muestran que el rendimiento de grano entero está asociado positivamente con rendimiento de masa blanca y negativamente con afrecho. Estas asociaciones pueden ser observadas en el comportamiento medio de los cultivares evaluados (tabla 4), donde se puede apreciar que las variedades que dieron los valores más altos para rendimiento de grano entero y porcentaje de masa blanca son las que presentaron los menores porcentajes de cascara (FEDEARROZ-50, VENEZUELA-21 y la línea PN00A017, seguidos de la variedad CIMARRON y la línea PN02I01).

Tabla 3. Correlación de Pearson de siete variables de calidad de grano evaluadas en 8 genotipos de arroz.

Variables	GrD	CB	Yeso	GE	RendMB	Yeso+CB	Afrecho
CB	-0.07						
Yeso	0.11	0.19 *					
GE	0.13	0.20 *	0.12				
RendMB	0.28	0.03	0.18 *	0.27 **			
Yeso+CB	0.05	0.65 **	0.86 **	0.00	0.15		
Afrecho	0.31	0.10	0.10	-0.20 *	-0.72 **	-0.12	
Cáscara	-0.75	0.01	0.12	-0.11	-0.32 **	-0.09	-0.26 **

*y** indican correlaciones significativas de las variables a 5% y 1%, respectivamente. GrD, CB, GE y RendMB significan, respectivamente, grano descascarado, centro blanco, grano entero y rendimiento de masa blanca.

Los testigos mostraron buen rendimiento de grano entero, a excepción de Fonaiap-1. Los cultivares con los mayores rendimientos de grano entero fueron Fedearroz-50, Venezuela-21 y PN00A017. Sin embargo, la línea PN02I01 y la variedad Cimarrón mostraron también rendimientos de grano entero en niveles superiores a los exigidos por la agroindustria. Todos estos materiales presentaron calidad molinera

para tipo de arroces de mesa. En el caso de calidad agroindustrial para alimentos concentrado, sólo la variedad Cimarrón se vería afectada por aportar menor cantidad de afrecho. Una característica a resaltar es que Fedearroz-50, Fonaiap-1 y PN00B010 presentaron estabilidad en rendimiento de grano entero bajo las distintas humedades de cosecha realizada en este estudio, lo cual es indicativo de tolerancia a retraso de cosecha.

Tabla 4. Valores promedios (%) de varias variables de calidad de grano evaluadas en ocho genotipos de arroz.

Genotipo	GE	RendMB	Cáscara	GrD	Afrecho
Cimarron	51.85 ab	71.29 a	17.94 ab	82.06 ab	10.31 b
PN00B010	47.53 bc	68.96 bc	17.81 ab	82.19 ab	13.24 a
VENEZUELA 21	54.31 a	69.50 bc	17.87 ab	82.14 ab	12.64 a
PN00A014	45.17 c	68.97 bc	17.92 ab	82.08 ab	13.11 a
FONAIAP 1	43.86 c	68.19 c	18.84 a	81.16 b	12.97 a
PN02I01	51.79 ab	69.52 bc	18.09 ab	81.91 ab	12.01 a
FEDEARROZ 50	57.08 a	69.56 bc	17.72 b	82.28 a	12.72 a
PN00A017	53.78 a	69.78 b	17.95 ab	82.05 ab	12.27 a
Media	50.67	69.47	18.02	81.98	12.41
mds	6.10	1.49	1.04	1.04	1.33

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las medias. GE, RendMB y GrD indican, respectivamente, rendimiento de grano entero, rendimiento de masa blanca y granos descascarado.

Comportamiento en molino de las líneas elites: PN00A014, PN00A017, PN02I01, PN00B010 y la Variedad Venezuela 21

El análisis de variancia refleja que el genotipo influye en la expresión de las características de calidad molinera (diferencias significativas y altamente significativas para todas las variables molineras evaluadas en el efecto simple

genotipo). Las pruebas de medias, reflejaron que la variedad FEDEARROZ-50 presentó el mayor valor de grano descascarado o arroz cargo, combinado con el menor porcentaje de cáscara y que por el contrario, la variedad FONAIAP-1, fue el que presentó el mayor valor para cáscara con el menor porcentaje de grano descascarado (tabla 5).

Tabla 5. Valores promedios de varias variables de calidad de grano evaluadas en ocho genotipos de arroz.

Genotipo	GE	CB	RenMB	Yeso	Cáscara	YCB	GrD	Afrecho
Cimarron	51.85 ab	6.66 ab	71.29 a	10.25 b	17.94 ab	16.90 ab	82.06 ab	10.31 b
PN00B010	47.53 bc	5.82 abc	68.96 bc	13.28 a	17.81 ab	19.10 a	82.19 ab	13.24 a
VENEZUELA-21	54.31 a	7.60 a	69.50 bc	7.44 bc	17.87 ab	15.04 cd	82.14 ab	12.64 a
PN00A014	45.17 c	4.62 e	68.97 bc	9.56 b	17.92 ab	14.18 cd	82.08 ab	13.11 a
FONAIAP-1	43.86 c	5.82 abc	68.19 c	8.57 bc	18.84 a	14.39 cd	81.16 b	12.97 a
PN02I01	51.79 ab	5.48 cd	69.52 bc	9.18 bc	18.09 ab	14.66 cd	81.91 ab	12.01 a
FEDEARROZ-50	57.08 a	7.61 a	69.56 bc	9.43 bc	17.72 b	17.03 ab	82.28 a	12.72 a
PN00A017	53.78 a	5.00 cd	69.78 b	6.47 c	17.95 ab	11.16d	82.05 ab	12.27 a
Media	50.67	6.08	69.47	9.27	18.02	15.31	81.98	12.41
mds	6.10	2.01	1.49	2.99	1.04	4.02	1.04	1.33

Letras diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las medias. GE, CB, RendMB, YCB y GrD indican, respectivamente, rendimiento de grano entero, centro blanco, rendimiento de masa blanca, yeso más centro blanco y grano descascarado. mds = mínima diferencia significativa al 5%.

Las pruebas de medias reflejaron que, en rendimiento de grano entero, las variedades FEDEARROZ-50, VENEZUELA-21 y la línea PN00A017 fueron las que dieron los valores más altos, seguidos de la variedad CIMARRON y la línea PN02I01. En cuanto a apariencia de grano (Yeso + Centro Blanco), el genotipo con mejor apariencia fue la línea PN00A017, seguida de las líneas PN00A014, y las variedades FONAIAP-1 y Venezuela-21 (tabla 5). Además de la condición de humedad a cosecha, existen otros factores que pueden afectar los parámetros de calidad del grano de arroz. En este sentido, Mazzani (2001) señala que desde su formación en la planta, hasta cuando son procesados, los granos de arroz están

expuestos a la acción tanto de factores abióticos tales como humedad, temperatura, daños mecánicos, deficiencias durante la cosecha, transporte y almacenamiento, como de factores bióticos, tales como aves, roedores, insectos, hongos, etc; los cuales afectan su calidad y pueden ocasionar un deterioro acelerado, dependiendo del número y de la intensidad con que ellos actúen. Por su parte, Pandey et al. (2014) refieren que las condiciones de estrés por humedad pueden afectar los parámetros de calidad en el grano de arroz. Por otro lado, Miranda et al. (2010), señalan que la operación de cosecha también puede afectar los parámetros de grano entero, grano descascarado y granos partidos, indicando que la mala regulación de los

órganos de trilla, la velocidad trabajo y la mala capacitación de los operadores son los principales factores que afectan a estos parámetros de calidad. Adicionalmente, en el mundo moderno están surgiendo nuevas técnicas para comprobar la calidad del arroz, fundamentada en el tratamiento de imágenes (Romero, 2017). En el presente estudio, de manera general, todos los cultivares evaluados presentaron excelentes características agronómicas, a excepción de la línea PN00B010, la cual presentó altos niveles de vuelco. Los testigos utilizados presentaron deficiencias, desde el punto de vista de calidad molinera, en el caso de Cimarrón y Fedearroz 50, a pesar de que mostraron buen rendimiento de grano entero, se observó una alta presencia de yeso, lo cual afectó la apariencia del grano. Fonaiap-1 resultó el genotipo que presentó el rendimiento en grano entero más bajo. Los cultivares con los mayores rendimientos de grano entero fueron Fedearroz-50, Venezuela 21 y PN00A017. Sin embargo, la línea PN02I01 y la variedad Cimarrón mostraron también rendimientos de grano entero en niveles superiores a los exigidos por la agroindustria.

CONCLUSIONES

La humedad de cosecha influye sobre la calidad molinera del arroz. Existe una correlación positiva entre humedad de cosecha y el porcentaje de cáscara, afrecho y rendimiento de grano entero.

Existe una correlación negativa entre humedad de cosecha y el rendimiento de masa blanca, porcentaje grano descascarado y la apariencia del grano (centro blanco, yeso y yeso + centro blanco). El mejor comportamiento en rendimiento de grano entero lo expresaron los cultivares evaluados en las humedades de 22 % y 20%. Las humedades de grano para el momento de recepción en planta, entre 20 % y 24 % exigidos por la agroindustria nacional, garantiza obtener los mayores índices de rendimiento en molino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, J. 1996. *Efectos de la Humedad de Cosecha sobre la calidad industrial del arroz en Chile*. Instituto de investigaciones agropecuarias. Centro Regional de investigación. (CRIC) Quilamapu, Chillan, Chile.
- Castillo, D; A., Hernández; C., Benedicto; S., Baber; J. Martínez y I., Duffay. 1997. “*Criterios Sobre la Calidad del Arroz en Cuba*”. X Conferencia Internacional de Arroz Para América Latina y del Caribe, Acarigua Venezuela. 13 p.
- Castillo. A. 2003. “*Caracterización de las Variedades Actuales de Arroz Venezolano*” Ediagro. 6 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1989. Folleto “*Evaluación de la Calidad Molinera y Culinaria del Arroz*”.

- Cali. Colombia. 8 pp. y 21 pp
- Gaviria, J. y Gaviria, J. C. 2011. Control de calidad de granos II. Agropress Service. Bogotá, Colombia. 222 p.
- Hesse, C. A., Ofosu, J. B. y Nortey, E. N. 2017. Introduction to nonparametric statistical methods. Akrong Publications Limited. P. O. Box M. 31, Accra, Ghana. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/322677728_INTRODUCTION_TO_NONPARAMETRIC_STATISTICAL_METHODS.
- International Rice Research Institute (IRRI). 2002. Standard evaluation system for rice (SES). 4th Edition, IRRI, The Philippines. Rice Research for a Better World. Rice Knowledge Bank. Disponible en: <http://www.knowledgebank.irri.org/images/docs/rice-standard-evaluation-system.pdf>.
- Mazzani, C. 2001. *Seminario de actualización de secado, almacenamiento y conservación de granos almacenados*. UCV-Maracay – Estado Aragua Venezuela.
- Molina, J. G. y Rodrigo, M. F. 2014. Pruebas no paramétricas. Universitat Id Valencia. Open Course Ware. 1 – 14 p. Disponible en: http://ocw.uv.es/ciencias-de-la-salud/estadistica-ii/est2_t5.pdf.
- Oliver R., J. C. González Á., J. y Rosel R., J. 2009. Análisis no paramétrico de la interacción de dos factores mediante el contraste de rangos alineados. *Psicothema*, 21(1): 152-158.
- Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/727/72711818023.pdf>.
- Rhind, D. 1962. "The breakage of rice in milling: A review" *Trop. Agriculture*, 39,(1):19–28.
- Romero P., J. C. 2017. Nueva técnica para comprobar la calidad del arroz fundamentada en el tratamiento de imágenes. Biblioteca Digital, Repositorio Académico. Opción, Año 33(82): 462-487. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6233636.pdf>.
- Siebenmorgen, T., Banaszek, M. y Kocher, M. 1990. Kernel moisture content variation in equilibrated rice samples. *American Society of Agricultural Engineers*. 33(6): 1979 –1983.
- Pandey, V., & Shukla, A. (2015). Acclimation and Tolerance Strategies of Rice under Drought Stress. *Rice Science*, 22(4), 147-161. India <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2015.04.001>
- Miranda, A., Iglesias, C., Herrera, E., Abraham, N. & Castells, S. (2010). Determinación de los principales parámetros de calidad que afectan la cosecha mecanizada de arroz. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19 (4), 1-4. Republica de Cuba.

CORRESPONDENCIA

Dra. Rosa Maria Alvarez Parra
rmaparra@gmail.com