

Editada por el Centro de Información y Gestión Tecnológica. CIGET Pinar del Río
Vol. 15, No.4 octubre - diciembre, 2013

ARTÍCULO ORIGINAL

Influencia de la temperatura del grano, durante el proceso de secado, en la calidad del arroz blanco

Influence of grain temperature, during the drying process, in the quality of white rice

Doragnes Ipsán Pedrera¹, Sandra H. Díaz Solís², Rogelio Morejón Rivera³ y Norangeles Ipsán Pedrera⁴

¹Ingeniera Química, Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios. Especialidad de Producción Agroindustrial de Arroz, Departamento Agropecuario, Facultad de Forestal y Agronomía, Universidad de Pinar del Río. Correo electrónico: comercial@palacio.co.cu

²Master en Ciencias Biológicas. Investigadora Auxiliar, Unidad Científico Tecnológica de Base Los Palacios. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700. Correo electrónico: shdiaz@inca.edu.cu

³Master en Matemática Aplicada. Investigador Auxiliar, Unidad Científico Tecnológica de Base Los Palacios. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700. Correo electrónico: rogelio@inca.edu.cu

⁴Licenciada en Biología. Especialista en Producción Agroindustrial de Arroz. Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios, Pinar del Río, Cuba. Correo electrónico: dadjunto@palacio.co.cu

RESUMEN

El estudio se realizó en el Secadero Enrique Troncoso con tecnología STEIN perteneciente a la Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios. Con el objetivo de disponer de arroz blanco con mayor calidad se modificó la temperatura en el proceso de secado, aplicando dos variantes de secado al cultivar de arroz INCA LP 5. En la variante A la temperatura de salida del grano fue 37 °C en todos los pases de secado, mientras que en la B se utilizó la tabla de secado tradicional. Se evaluó en ambas variantes la Eficiencia Industrial obtenida, el porcentaje de granos enteros y el índice de consumo de combustible. Para el procesamiento de los datos se realizaron análisis de varianza de clasificación simple y la Prueba de rangos Múltiples de Duncan. Los resultados mostraron que con la variante A se logra mayor calidad del arroz con porcentajes de granos enteros superiores. Ambas variantes cumplen el valor planificado de Eficiencia Industrial pero la variante A es superior a B. A pesar de que el índice de consumo de combustible en la variante B es menor, la calidad del arroz blanco obtenido en la variante A justifica económicamente este incremento.

Palabras clave: Arroz, Secado, Eficiencia industrial, Calidad industrial.

ABSTRACT

The study was conducted in Enrique Troncoso Dryer with STEIN technology belonging to Los Palacios Grain Agroindustrial Enterprise. With the aim of providing white rice with higher-quality was changed temperature in the drying process, using two drying variants on INCA LP-5 rice cultivar. In variant A the grain outlet temperature was 37 °C in all passes drying, while in variant B was used traditional drying Table. Was evaluated in variants the Industrial Efficiency obtained, whole grains percentage and fuel consumption rate. To data processing a Single Classification Variance Analysis and Duncan's Multiple Range Test were realized. The results showed that the variant A achieved higher quality rice with higher whole grain percentage. Both variants meet the planned value of Industrial Efficiency but variant A is greater than B. Although the fuel rate in variant B is lower, the quality of white rice obtained in variant A economically justified this increase.

Key Words: Rice, Drying, Industrial efficiency, Industrial quality.

INTRODUCCIÓN

En América Latina y el Caribe el arroz es una de las fuentes más importantes de calorías y proteínas, se producen treinta millones de toneladas de arroz en siete millones de ha anualmente con un rendimiento promedio de tres t/ha (León y Carreres, 2002). En Cuba se ha extendido a casi todas las regiones del país y constituye la principal fuente de carbohidratos en la alimentación de la población, con un consumo aproximado de 670 000 toneladas al año y un per cápita nacional anual que supera los 70 kilogramos, mientras que el promedio mundial se encuentra por los 57 kilogramos (Díaz, 2011).

La producción de granos en el mundo se ha incrementado de modo constante; el grano es cosechado con un alto contenido de humedad, por lo que debe ser sometido a un proceso de secado que permita consumirlo de inmediato o almacenarlo por largos períodos de tiempo. La etapa de secado es el primer paso del proceso de beneficio industrial del arroz y a él le siguen las operaciones de limpieza, descascarado, blanqueo y clasificación, que tienen como objetivo final la obtención del arroz consumo listo para ser entregado a la población. Durante el proceso de secado el grano se fisura, ocasionando cuantiosas pérdidas económicas.

La calidad molinera y su rendimiento se evalúan basados en la proporción del grano que permanece entero o en tres cuartos de su tamaño después de ser beneficiado. Cuando se realiza el proceso de molinería lo mejor es manejar métodos que arrojen un buen índice de pilado IP (alta masa de granos enteros). Estos índices están determinados por factores ambientales y de manejo, tales como la cosecha, trilla, almacenamiento y especialmente el secado (Cubillos y Barrero, 2010).

En estudios realizados en Cuba se ha podido constatar que el grano que llega a los molinos, no siempre tiene los parámetros óptimos de cultivo y de humedad requeridos, además inciden deficiencias operacionales en el secado y molinaje del arroz que causan un elevado por ciento de granos partidos, que va en detrimento de la calidad industrial del arroz (Sánchez y Meneses, 2012). En este sentido, debe prestarse especial atención a la temperatura de secado porque influye de forma decisiva sobre la temperatura del grano que, a su vez puede, dependiendo del valor y del tiempo de exposición, tornarse impropia e influir negativamente en la calidad molinera, afectando la disponibilidad de Arroz Blanco con calidad.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar la influencia de dos variantes de secado en la calidad del arroz blanco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la investigación

El trabajo se desarrolló durante el período comprendido entre los años 2011_2012 en la Unidad Empresarial de Base Industrial (UEBI) "Enrique Troncoso" perteneciente a la Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios, cuyo objeto social es el secado y molinado de Arroz Blanco para Consumo.

Varietad utilizada

Se utilizó el cultivar de arroz INCA LP-5 de ciclo corto, con alta capacidad de ahijamiento, maduración uniforme, resistente al acamado, a las plagas y alto potencial de rendimiento agrícola e industrial.

Características del Secadero y Molino

Unidad de Secado con tecnología STEIN con una Eficiencia Industrial Planificada de 92 % y capacidad de recibo de 128 t de arroz cáscara húmedo/día. Por la continuidad del proceso industrial del arroz la propia unidad tiene un Molino modernizado con tecnología brasileña (Zacarias) que cierra el ciclo productivo con la producción de arroz blanco. A continuación se relacionan algunas especificaciones para ambos.

Equipamiento del Secadero: Sistema de generación de vapor con quemador Hauch 783; Torre de secado; Equipos de limpieza (scalperator); Equipos de transportación (horizontales y verticales); Sección de almacenamiento (silos de hormigón) y Base de almacenamiento de silos metálicos.

Estructura del Molino: Sección de limpieza; Sección de descascarado; Sección de pulido; Sección de clasificación y Sección de envase.

Variantes utilizadas

Se utilizaron dos variantes en el proceso de secado:

- Variante A: La temperatura del grano a la salida de la torre de secado fue de 37 grados celsius en todos los pases.

- Variante B: La temperatura del grano a la salida de la torre de secado según la tabla de secado tradicional donde el grano puede salir de la torre de secado hasta 41 grados celsio en los primeros pases.

Procedimiento

1. Se secaron 10 lotes aplicando temperaturas de secado que garanticen 37°C de temperatura del grano a la salida de la torre de secado, manteniendo esta condición en todos los pases, esta constituyó la variante **A**.

2. Se secaron 10 lotes utilizando la tabla de secado tradicional, donde las temperaturas de secado que se aplican están en correspondencia con la temperatura que puede alcanzar el arroz a la salida de la torre y pueden llegar hasta 41 °C, en dependencia de la humedad del grano de arroz a la entrada de la torre de secado. Este procedimiento fue tomado como variante **B** de referencia para el estudio.

Al proceso de secado en ambas variantes se le dio seguimiento a partir de la toma de muestras como se indica en el sistema de calidad vigente para la industria arrocera, específicamente en el procedimiento de inspección de la calidad al proceso tecnológico.

Indicadores evaluados

- Eficiencia Industrial del proceso de secado.
- Rendimiento Entero.
- Temperatura del grano a la salida de la torre de secado.
- Índice de consumo de combustible utilizado en el secado.
- Calidades de arroz blanco.

A continuación exponemos los métodos empleados para la evaluación de cada indicador:

- *Eficiencia Industrial del proceso de secado.*

Se expresa en % y compara los niveles de granos enteros y el rendimiento total obtenido en el arroz secado de forma artificial (en el secadero) con los valores obtenidos en una muestra del propio arroz secado al aire.

La eficiencia industrial se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E.I. = [(\%GE/\%RTa)/(\%GE/\%RTs)] * 100$$

donde:

%GE: Porcentaje de granos enteros.

%RTa: Porcentaje de rendimiento total secado al aire.

%RTs: Porcentaje de rendimiento total en secadero.

Metodología: Para obtener los datos necesarios se tomaron dos muestras de cada lote, una a la salida del último pase de secado y la otra que fue conformada con incrementos de aproximadamente 100 g de cada partida integrante del lote, la misma se toma en la descarga de las carretas en el recibo de arroz húmedo procedente del campo, ver NRAG 1147. Ambas muestras se envían al laboratorio y allí se emite un certificado según los resultados del análisis.

- *Análisis del rendimiento de enteros*

Expresa la proporción de granos enteros en relación al rendimiento total obtenido.

Metodología: Para determinar el % de granos enteros se toma la muestra al lote de arroz cáscara seco obtenido y se envía al laboratorio donde se procede según lo establecido en la NRAG 110: 2009 (MINAG, 2009) Arroz Blanco. Determinación de la composición de la mezcla. A partir de los resultados el laboratorio emite un certificado de conformidad.

- *Temperatura del grano a la salida de la torre*

Es la temperatura que se registra a la masa de granos a la salida de la torre de secado.

Metodología: Se toma una muestra del lote a la salida de la torre de secado para la determinación de la temperatura, la cual es registrada en el modelo o tarjeta de secado.

- *Índice de consumo de combustible utilizado en el secado.*

Para el secado del grano de forma industrial se utiliza diesel para alimentar el quemador, este calienta el aire que se impulsa a través de la masa de grano y es el responsable de extraer humedad al arroz mediante transferencia de masa. El índice de consumo establecido es de 14.9 l/t de arroz cáscara seco.

- *Calidades de arroz blanco.*

Este indicador muestra la composición de granos enteros y partidos en la mezcla final del producto, en este caso nos referimos a las calidades de arroz al 4 y al 10 %, cuya composición en enteros es superior al resto de las calidades establecidas.

Metodología: El arroz blanco obtenido después de descascarado, pulido y separada la cabecilla, se clasifica en grano entero y partido, los cuales se depositan en silos separados para posteriormente realizar la mezcla predeterminada por el control de la calidad y el jefe de producción, en dependencia de los destinos y según NRAG 155: 10 (MINAG, 2010).

Análisis de Factibilidad Económica

Para calcular la factibilidad económica en la comercialización se utilizaron los precios establecidos para las calidades del 4 y 10%. En el caso de la mezcla al 4% es de 1122.300 (MN) y 580.0 (CUC) pesos en moneda nacional y en moneda libremente convertible respectivamente, mientras que al 10% es de 1010.07 MN y 440.0 CUC. En el caso del arroz partido sobrante solo se comercializa en moneda nacional a un precio de 379.00 pesos.

Análisis de datos y métodos estadísticos.

Para el procesamiento de los datos obtenidos de las variables Eficiencia Industrial y Porcentaje de Granos Enteros se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS Plus v.5 el cual permitió realizar los análisis de varianza de clasificación simple (ANOVA), además se docimaron las medias con la Prueba de rangos Múltiples de Duncan con un nivel de significación del 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la *Tabla 1* se presentan los resultados de los regímenes de secado en ambas variantes por lotes estudiados, las temperaturas promedio del grano a la salida de la torre de secado durante los primeros tres pases de secado y la Eficiencia Industrial.

Tabla 1. Resultados de los regímenes de secado.

VARIANTE A						VARIANTE B					
Lote	Seco producido (t)	Temp. prom. salida torre °C	Rendimiento Total	Entero	Partido	Lote	Seco producido (t)	Temp. prom. salida torre °C (1 y 2)	Rendimiento Total	Entero	Partido
10	112.10	37	66.00	47.52	18.48	24	100.83	39.25	64.50	40.64	23.86
12	106.63	37	65.00	47.45	17.55	52	104.14	40.15	64.50	41.91	22.59
14	79.72	37	66.40	46.14	20.26	124	112.1	39.75	64.50	43.21	21.29
16	112.15	37	65.60	46.54	19.06	125	106.63	39.05	63.00	40.32	22.68
18	109.39	37	66.50	46.87	19.63	126	79.71	40.12	65.40	41.42	23.98
20	109.80	37	65.70	47.27	18.43	131	112.15	39.88	64.30	39.88	24.42
22	87.68	37	65.00	47.10	17.90	137	109.38	40.05	63.60	41.34	22.26
24	101.06	37	65.80	46.03	19.77	140	109.80	39.77	64.00	42.24	21.76
26	106.28	37	65.20	44.94	20.26	141	118.13	39.68	64.70	39.50	25.20
28	100.83	37	66.00	45.84	20.16	142	127.42	39.45	64.00	42.24	21.76
Valores Medios		37	65.72	46.57	19.15	Valores Medios		39.73	64.25	41.27	22.98
Eficiencia Industrial: 95.18 % a						Eficiencia Industrial: 92.62 % b					

Como puede apreciarse la temperatura de salida del grano en la variante A no sobrepasa los 37°C en ningún pase de secado, este resulta ser un tratamiento menos agresivo para el grano de arroz por tener temperaturas cercanas a las ambientales, con 2.73°C menos que la temperatura alcanzada en la variante B, cuyo valor promedio a la salida de los primeros pases es de 39.73°C.

También se puede observar que los rendimientos en ambas variantes difieren en menos del 2%, aunque la proporción de granos enteros y partidos, en ambos casos, tiene un comportamiento diferente.

En el caso de la Eficiencia Industrial se encontraron diferencias significativas entre ambos regímenes de secado (variantes A y B). Se constata que la variante diferente a la tradicional (A) resultó estadísticamente más eficiente ($p=0.05$) con 95.18% y valores de eficiencia industrial superiores en 2.56% respecto a la establecida (B), lo cual se debe a un mejor tratamiento en el proceso de secado. Este comportamiento es lógico, ya que el grano de arroz mantuvo su potencialidad en cuanto al porcentaje de granos enteros y rendimiento total, con valores similares a los que tiene la variedad y que se manifiesta en la muestra secada al aire.

El secado es una de las tareas más sensibles que se realiza y muchas veces constituye un cuello de botella ya que el arroz se comienza a cosechar con altos porcentajes de humedad y su procesamiento insume más tiempo que otros cultivos, atentando contra la

eficiencia de funcionamiento de la planta. Además esta situación provoca que frecuentemente se eleve la temperatura de secado intentando acortar el proceso lo que provoca mermas en el porcentaje de entero y por lo tanto mayores costos de planta. Por lo tanto la tecnología que permita mejorar los procesos de secado presenta relevante influencia en el análisis de costo y consecuentemente incide directamente en el beneficio económico de la planta (Hidalgo y Pozzolo, 2013).

La *Figura 1* muestra los resultados del ANOVA y de la comparación de medias en los diferentes regímenes de secado para el porcentaje de granos enteros, que es el indicador más importante del rendimiento industrial y el que decide la calidad del arroz blanco.

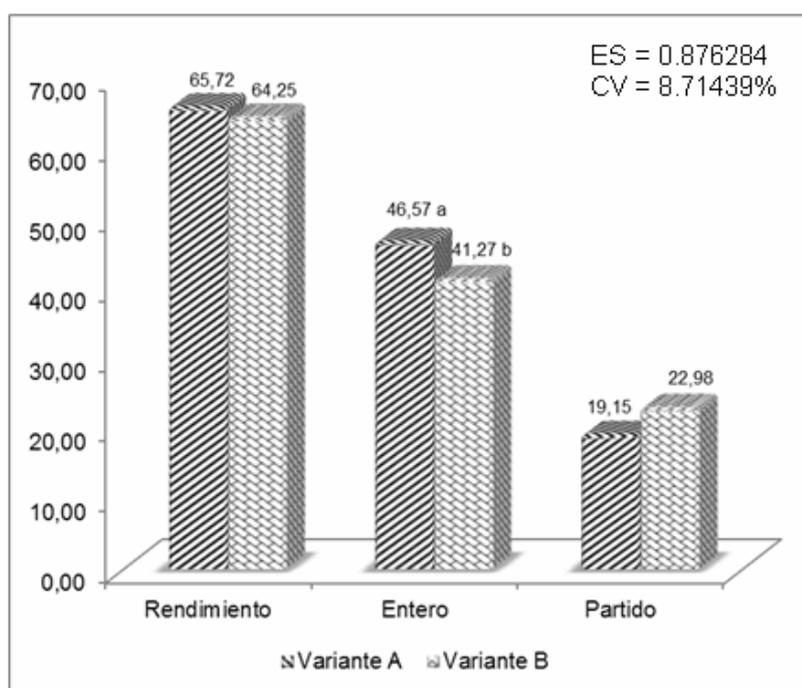


Figura 1. Porcentaje de Rendimiento, entero y partido para las variantes de regímenes de secado.

Se encontraron diferencias significativas ($p=0.05$), siendo la variante A superior estadísticamente a la B en un 5.30%, debido a la influencia del régimen de secado utilizado. Se plantea que el secado artificial de arroz presenta problemas especiales y es el único grano que se comercializa entero, cuyo valor comercial depende, precisamente, de su rendimiento de grano entero. Otros autores plantean que la realización del proceso de secado con temperaturas altas fragiliza el grano, generando un mayor porcentaje de granos partidos (Yang et al. 2002).

En Cuba otros autores, también utilizando la variedad INCA LP-5, estudiaron los parámetros que influyen en la calidad industrial del arroz y encontraron que hay

diferencias significativas para las dos épocas de siembra, confirmando que la disminución de la humedad de cosecha decrece la calidad industrial; al cosecharse el arroz con humedades con rangos por encima de 24 % se obtienen rendimientos de entero de hasta 61.53, mientras que al realizarse cosechas por debajo de estos parámetros de humedad tiende a disminuir la calidad industrial (granos enteros), ya que llega a alcanzar valores de 39.5 % de granos enteros (Sánchez y Meneses, 2012).

En la *Tabla 2* aparecen los resultados económicos de los regímenes de secado, apreciándose que económicamente resulta muy factible alcanzar un mejor rendimiento de enteros para la comercialización de arroz de mayor calidad. La variante propuesta (A) aporta mayor porcentaje de granos enteros, lo cual permite conformar más cantidad de producción al 4% que es la mejor calidad, por lo que el aporte económico a la empresa es también mayor, a partir de que posee un precio superior, además, tributa al mercado en divisas con el consiguiente ingreso en CUC. En dicha variante se obtuvieron 33.12 t más respecto a la variante B, representando un valor de 19211.34 CUC, además la variante tradicional (B) origina un sobrante de arroz partido de 53.17t por encima. La calidad molinera y su rendimiento se evalúan basados en la proporción del grano que permanece entero o en tres cuartos de su tamaño después de ser beneficiado. Esto se debe a que el valor comercial del grano partido se reduce hasta un 50% del valor del grano entero.

Tabla 2. Resultados económicos de los regímenes de secado.

Denominación	UM	Variante A	Variante B
Arroz cáscara húmedo	t	1282.050	1350.394
Arroz cáscara seco	t	1025.64	1080.315
Rendimiento total	%	65.72	64.25
Rendimiento en entero	%	46.57	41.27
Rendimiento en partido	%	19.15	22.98
Producción obtenida de arroz al 4 %	t	497.541	464.418
Valor de la comercialización	CUC	288573.78	269362.44
Arroz partido sobrante	t	176.509	229.68
Índice de consumo de combustible	L/t	16.37	15.1
Costo del combustible	CUP	16 621.823	16 149.078

El secado a alta temperatura y muy rápido produce un grano de baja calidad muy susceptible a la rotura, gran porcentaje de granos cuarteados, baja calidad de molienda, baja calidad para su uso final. La solución es no exceder la temperatura máxima que cada grano posee para un determinado uso y no exceder la extracción de agua máxima por hora de acuerdo al grano de que se trate (Rodríguez y Bartosik, 2006; Brumovsky, 2011).

En cuanto al combustible utilizado en el proceso de secado en ambas variantes, los datos muestran que el índice de consumo es superior en la variante A, lo cual indica que se utilizó 1.27 litros de combustible más que en la variante B para secar una tonelada de arroz, esto lógicamente hace que en valores también el costo sea superior en 1.257 pesos. En valores totales se utilizan 477.52 litros más en la variante A, equivalentes a 472.74 CUP. Sin embargo, la implementación de la variante A como régimen productivo se justifica con los ingresos que se obtienen en la comercialización del arroz consumo al 4 %, los mismos ascienden a 19 211.24 CUP por encima de los ingresos obtenidos en la comercialización del arroz al 4 % producidos con la utilización de la variante B.

CONCLUSIONES

Con temperaturas de 35 a 37 °C en el grano de arroz durante el proceso de secado se obtienen valores superiores en el rendimiento de enteros, lo cual permite a la empresa alcanzar mayor desempeño económico al comercializar sus producciones entre el 4 y el 10%, que son las mejores calidades con precios más elevados. El incremento en el índice de consumo de combustible para el secado de arroz en la variante A se justifica con los resultados de la comercialización de productos con mayor calidad. La variante A logra una Eficiencia Industrial del proceso de secado superior al 94 %.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brumovsky, L. A. (2011). Arroz (*Oryza sativa*). Presentación disponible en: <http://www.es.scribd.com/doc/125191945/Arroz-2011>

Cubillos, A. y Barrero, O. (2010). Diseño e implementación de una estrategia de control predictivo para el secado de arroz paddy. *Rev. fac. ing. univ. Antioquia* (56) Medellín Oct./Dec. *Print version* ISSN 0120-6230.

Díaz, Maricela. (2011). V Encuentro Internacional de Arroz. Conferencia. 5to Encuentro Internacional de Arroz (V, 7-10. Jun. : La Habana). Palacio de Convenciones.

Hidalgo, R. y Pozzolo O. (2013). Más grano entero y mayor capacidad de secado de las plantas de acopio. *Tempering en ARROZ*. Informe Técnico. Facultad de Ciencias Agrarias-Instituto de Ingeniería Rural. 4p. Disponible en: http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/TEMPERING_EN_ARROZ.pdf

León, J. L. y Carreres, R. (2002). Calidad del arroz: criterios para una adecuada valoración. *Vida Rural*, 145, 38-40.

MINAG. 2009. Norma Ramal NRAG 110:2009. Arroz Blanco. Determinación de la composición de la mezcla. 1ra Edición. 6p.

MINAG. 2010. Norma Ramal NRAG 155:10. Arroz Blanco. Especificaciones. 1ra Edición. 7p.

Rodríguez, J. C. y Bartosik, R. 2006. Secado de granos. Proyecto eficiencia de cosecha y poscosecha. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Actualización Técnica PRECOP, (16), 4 p.

Sánchez Díaz y Meneses Rodríguez. (2912). «Parámetros que influyen en la calidad industrial del arroz cosechado en el municipio La Sierpe». Observatorio de la Economía Latinoamericana, (163). Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2012/>

Yang, W., Crossen, A. G., Siebenmorgen, T. J. (2002). «The glass transition temperature concept in rice drying and tempering: effect on drying rate». Transactions of the ASAE, 45, 753-766.

Aceptado: febrero 2013

Aprobado: noviembre 2013

Ing. Doragnes Ipsán Pedrera. Ingeniera Química, Empresa Agroindustrial de Granos Los Palacios. Especialidad de Producción Agroindustrial de Arroz, Departamento Agropecuario, Facultad de Forestal y Agronomía, Universidad de Pinar del Río. Correo electrónico: comercial@palacio.co.cu