

RELACION ENTRE EL SECADO Y EL QUEBRAMIENTO DEL ARROZ EN SEIS MOLINOS DE COSTA RICA (COSECHA 1987-1988)^{1/*}

Manuel Zeledón **
Claudio Fernández ***

ABSTRACT

Relationship between drying and breaking of kernels in six Costarrican rice mills (1987-1988 crop). Eight years after the first study of this kind was carried out, a second one was performed among the rice mills in Costa Rica during the crop 87-88, to update the knowledge on rice-drying practices and their effect upon grain quality. A sampling method which allowed monitoring grain quality during industrial drying, showed that currently rice mills are damaging (breaking) rice kernels more than they were eight years before (crop 79-80). Data obtained, point out that high drying-air temperatures is the main cause. In some rice mills, grain tempering is used for different periods, but this was not enough to fully balance the harm done by the high temperatures. An attempt was made to compare the mills in their ability to dry rice without breaking it, by the use of an index (increment in % of broken kernels/1% reduction in grain moisture). All mills had indexes greater than 0.5, which was postulated as a maximum allowable under the circumstances. In this paper, the role of some important drying parameters in the understanding of results obtained, is discussed.

INTRODUCCION

El valor comercial del arroz en cáscara, es fuertemente afectado por su contenido de grano quebrado; principalmente porque el valor de éstos es mucho menor que el de los granos enteros; según Zin, citado por Webb y Sterner (1972) el grano quebrado alcanza solamente entre un 30 y un 40% del valor de los enteros. En Costa Rica, esta proporción se ha mantenido por algunos años

en 50%, aproximadamente, aunque a veces ha sido menor. Consecuentemente, muchos esfuerzos se dedican a prevenir las causas que ocasionan el grano quebrado. El secamiento es tan solo una entre las múltiples etapas del manejo postcosecha en las que puede ocurrir daño a los granos. Fisuras en ésta o en otras etapas, pueden provocar el quebramiento durante el beneficio final.

En Costa Rica, la mayoría de los molinos utilizan secadores columnares con movimiento forzado de aire. Según Zeledón y Mora (1987) con estos equipos se secaba arroz en flujo continuo o por lotes durante la cosecha 79-80. En ambos casos el secado realizado era del tipo continuo (proceso ininterrumpido de desecación).

Actualmente algunos molinos han adoptado la modalidad de secado por etapas. En cada etapa, el arroz es sometido a un período corto de secado, seguido por un reposo o atemperado. Los períodos de reposo varían entre 4 y 24 horas (Wimberly, 1976). Durante el reposo, los gradientes de

1/ Recibido para publicación el 25 de octubre de 1990.

* Parte de la Tesis de Ing. Agr. presentada por el segundo autor ante la Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

** Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Miembro del Programa Financiero de Apoyo a Investigadores Científicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.

*** Oficina del Arroz. San José, Costa Rica.

Cuadro 1. Sistemas y modalidades de secado en seis molinos arroceros de Costa Rica; cosecha 1987-88.

Molino	Modalidad de secado	Sistema o # de etapas	Descripción
I	Etapas	Tres	1ª Etapa: línea de 3 secadoras en flujo continuo. 2ª Etapa: línea de 3 secadoras en flujo continuo. 3ª Etapa: secado por recirculación.
II	Continuo	Lotes	Secado por recirculación. Molino tiene 2 secadoras.
III	Continuo	Lotes	Secado por recirculación. Molino tiene 6 secadoras.
IV	Etapas	Dos	1ª Etapa: flujo continuo por línea de 4 secadoras. 2ª Etapa: flujo continuo por línea de 2 secadoras.
V	Etapas	Dos	1ª Etapa: flujo continuo por 2 secadoras de columna delgada en serie. 2ª Etapa: flujo continuo, por línea de 3 secadoras.
VI	Continuo	Flujo Continuo	Dos líneas de secado independientes; con 4 y 3 secadoras, respectivamente.

Nota: Los períodos de atemperado variaron desde 1 hasta 24 horas.

humedad y temperatura en el grano se eliminan. Al respecto, Calderwood y Webb (1971) y Calderwood (1972) encontraron que cuanto menor sea el período de secado, menor será el incremento de grano quebrado. Este último autor también ha informado que cuanto mayor sea la temperatura del grano, mayor es el quebramiento. Asimismo, se ha informado que la temperatura del aire desecante se correlaciona directamente con el daño causado al arroz (Calderwood y Webb, 1971; Calderwood, 1972; Miller, s.f.; Zeledón y Mora, 1987).

Los autores coinciden en que altas velocidades de secamiento dañan el grano produciéndole fisuras (Calderwood y Webb, 1971; Janicki y Green, 1976); por su parte, Henderson (1957) descubrió que al disminuir la humedad del grano, éste se torna más susceptible a quebrarse, por lo que el incremento de quebrado es mayor al final del secado.

Debido a que algunos de los molinos arroceros de Costa Rica están secando por etapas, y que ha transcurrido un tiempo prudencial desde el anterior estudio, se decidió hacer esta investigación, cuyos dos objetivos principales fueron: actualizar el conocimiento sobre las prácticas de secamiento utilizadas en Costa Rica y determinar su efecto sobre la calidad del arroz.

MATERIALES Y METODOS

Generalidades

El estudio comprendió la toma de muestras en los equipos de secado de 6 molinos, seleccionados para que al menos se contara con uno de cada zona productora del país. El molino I se encuentra en el Valle Central a 1150 msnm. El molino II, en la Región Huetar Atlántica a 15 msnm. El molino III, en la Región Brunca a 50 msnm. El molino IV, en el Valle Central a 832 msnm. El molino V en la Región Pacífico Central a 368 msnm y el VI en la Región Chorotega a 144 msnm. Los números romanos fueron asignados al azar a los molinos.

Durante el estudio no se tuvo control sobre la clase de arroz que se recibía en los molinos. Los cultivares sembrados durante la cosecha 87-88 fueron CR-1113, CR-5272, CR-1821, CR-1707 y CR-201; las ventas de CR-201 representaron el 82% del total; las de CR-1113 y CR-5272, 6% cada uno y las de CR-1821 y de CR-1707, un 3% cada uno (Oficina Nacional de Semillas, 1987); todos los cultivares producen granos de tipo largo.

Los trabajos de procesamiento y análisis de muestras, fueron realizados en el Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS)

de la Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

Equipo de secamiento y sistema de secado

Las secadoras son del tipo de columna delgada con acción mezcladora; sus dimensiones son aproximadamente 3,5 x 1,5 x 12 m y tienen una capacidad entre 13 y 16 t. Los equipos son del mismo tipo que los descritos por Zeledón (1981) y Zeledón y Mora (1987). En el Cuadro 1 se describe en detalle su uso actual.

En los molinos, el aire es calentado con quemadores de cascarrilla de arroz; en general a razón de un quemador por cada 2 secadoras, excepto en el molino V, que en la primera etapa utiliza quemadores de diesel.

Las prácticas de secado de cada molino no fueron afectadas por el estudio, aunque en algunos se modificaron, debido a una cosecha relativamente pequeña durante el año del estudio.

Se anotó la temperatura del aire desecante en el plenum de cada secadora en intervalos de una hora. Después de tomar cualquier muestra de grano, se midió su temperatura.

Muestreo

En los molinos con línea de secado se determinó el tiempo de permanencia del grano en la primera secadora de la línea. Para esto se tiñó 5 kg de arroz en cáscara con un colorante inocuo (azul brillante No. 1, "color index 1956"); este grano se vertió de una sola vez en la "bota" del elevador, y se determinó el tiempo transcurrido hasta que llegara al punto de descarga de la secadora o "tiempo de muestreo". La "frecuencia de muestreo" se obtuvo dividiendo el tiempo de muestreo entre 4.

En la primera secadora se tomaron muestras de 1 kg a la entrada, de acuerdo con la frecuencia de muestreo establecida, hasta completar 4 tiempos de muestreo. Cuatro muestras sucesivas conformaron una muestra compuesta (MC), para un total de 4 MC. De cada MC se separó una porción de 1 kg; los 4 kg así obtenidos conformaron la muestra para análisis (MA) de la primera secadora. El arroz comprendido entre el inicio y el final de la toma de muestras en la primera secadora fue seguido (muestreado) a su paso por las demás secadoras de la línea de secado. Zeledón y Mora (1987) presentan un esquema detallado sobre este tipo de muestreos. En esta forma, al final de cada día de muestreo se tenía una MA representativa

del arroz que entró a la primera secadora, y una MA del arroz que salió de cada secadora de la línea de secado.

En el secamiento por lotes se tomaron muestras de 1 kg cada 15 minutos, tanto durante el llenado de cada secadora como durante el tiempo de secado. De las 4 muestras de cada hora se obtuvo una MA de 1 kg.

Análisis de laboratorio

Todas las MA fueron secadas lentamente antes de ser procesadas, exponiéndolas durante una semana o más a un ambiente con 50% H.R. y a 22°C aproximadamente, en capas de 2 cm de espesor, sobre bandejas de madera. Las muestras ya secas (entre 12 y 13% de humedad), se empaquetaron en bolsas de polietileno y se mantuvieron a 10°C por 2 meses, hasta el análisis de pilado.

Las MA de 1 kg fueron pasadas por un descascarador McGill y luego por un pulidor McGill No. 3. El grano se pulió durante 30 segundos, con brazo de presión y soporte para las pesas. El grano pulido se colocó de inmediato en envases plásticos herméticos. Un día después, se utilizó un agitador de muestras (Strand Sizer Shaker) para extraer los residuos de semolina con una zaranda con perforaciones circulares de 0,99 mm (2,5/64 de pulgada) y se agitó 50 veces.

La determinación del grano quebrado se hizo por triplicado en porciones de 100 g, utilizando para ello una criba No. 12 y un equipo apropiado para ese fin (Rice Sizing Device).

La homogeneización de las muestras se hizo en un cilindro de giro excéntrico con deflectores internos; la división, en un equipo Dean Gamet. En todo momento se utilizaron bolsas de polietileno para evitar cambios en la humedad de las muestras. La humedad se determinó mediante un método de horno recomendado por la AACC (1983), a saber, 130°C durante 1 hora.

RESULTADOS Y DISCUSION

Cambios introducidos en las operaciones de secado

Equipos. Los equipos de secamiento actualmente utilizados son esencialmente iguales a los descritos por Zeledón (1981). En 1979-80 se usaba únicamente el secamiento continuo, bajo dos sistemas: flujo continuo y por lotes. Ocho años después, se utiliza también el secado por

etapas; durante cada pase, el secado se realiza ya sea en flujo continuo o por lotes. Tres de los 6 molinos visitados secan por etapas (Cuadro 1).

La adopción del secado por etapas es en principio una mejoría tecnológica, pues según Arboleda y Manalo (s.f.) con él se reduce el tiempo de secado y se aumenta la capacidad, a la vez que se previene el fisuramiento.

Fuentes de calor. Zeledón (1981) informó que en 1979-80 solamente se usaban quemadores de diesel. Actualmente, todos los molinos utilizan quemadores de cascarilla de arroz como fuente de calor. Se encontró que la mayoría de los controles de los hornos de cascarilla estaban inoperantes, por lo que los ajustes, alimentación, etc., se realizaban en forma manual. Posiblemente, como consecuencia de esto, se observaron grandes variaciones entre la temperatura máxima y mínima del aire desecante en la mayoría de los molinos (Figura 1A), lo que no ocurre con los quemadores de diesel.

Los hornos de cascarilla no son en sí mismos limitantes para lograr temperaturas del aire desecante uniformes. Esto se comprobó en el molino VI, en el cual las temperaturas máxima y mínima no difirieron en más de 6°C.

Cuadro 2. "Índice de la eficacia del secamiento" y tipo de secado realizado en seis molinos de Costa Rica.

Molino	Tipo de secamiento	Índice general*	Índice por etapas*
IV	Etapas	0,59	1ª-0,52; 2ª-0,71
V	Etapas	0,77	1ª-0,56; 2ª-1,26
VI	Continuo	1,08	
I	Etapas	1,28	1ª-0,74; 2ª-2,8; 3ª-0,87
II	Continuo	1,58	
III	Continuo	2,69	

* Fórmula para el secamiento continuo o para cada etapa: $(\% \text{ queb. final} - \% \text{ queb. inicial}) / (\% \text{ hum. inicial} - \% \text{ hum. final})$. El índice general para el secamiento por etapas se calculó dividiendo la suma de los incrementos parciales de quebrado entre la suma de los puntos de humedad extraída en las etapas.

Comparaciones entre molinos

Dada la gran diversidad de prácticas de secamiento (Cuadro 1), se decidió comparar entre sí los molinos por su "índice de eficacia del

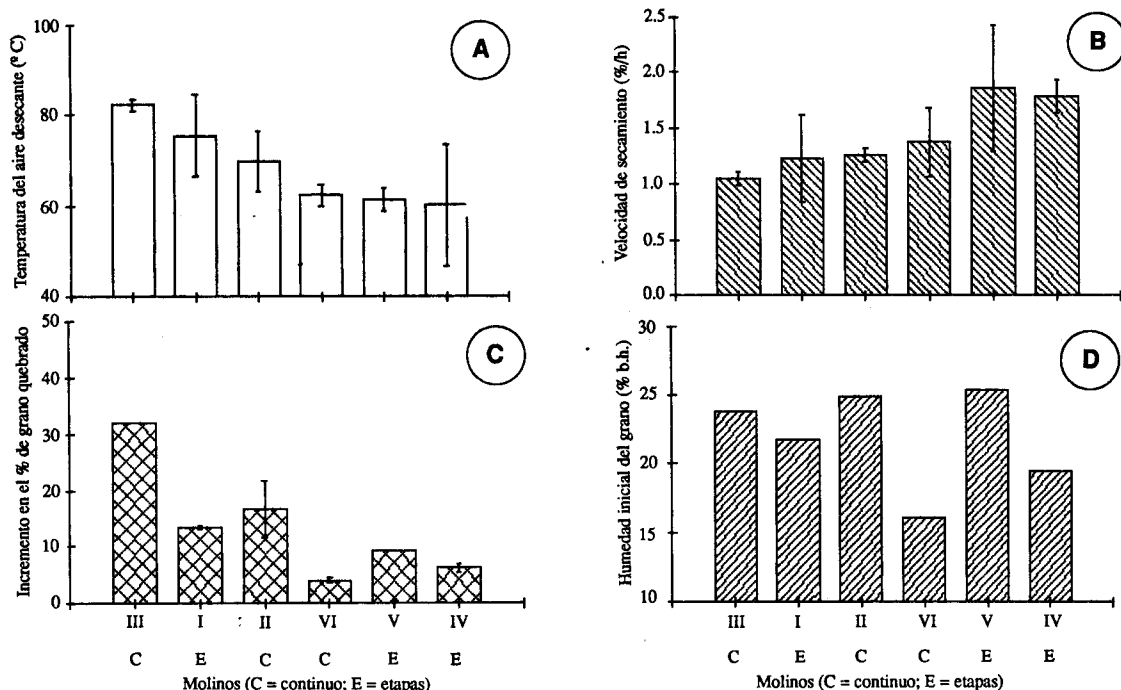


Fig. 1. Principales factores de secamiento evaluados en seis molinos arroceros de Costa Rica, y su relación con el incremento de grano quebrado; los molinos están ordenados según temperatura del aire de secante (mayor a menor).

Cuadro 3. Datos (promedios) de algunos factores importantes en el secamiento de arroz en seis molinos de Costa Rica.

molino	etapa	Temperatura aire deseicante °C	Temperatura final de grano °C	Grano quebrado			Humedad del grano		Velocidad de secamiento (%/h)
				inicial %	final %	incremento % ¹	inicial %	final %	
I ²	I	78,6	36,9	20,50	23,90	3,40	21,79	17,22	1,66
	II	82,4	34,3	16,20	23,30	7,10	16,34	13,81	0,92
	III	65,5	37,1	22,80	25,70	2,90	15,23	11,90	1,10
-	-	-	-	-	-	13,40 ⁴	-	-	1,23 ⁵
II ³	-	69,9	40,6	30,15	46,80	16,65	24,87	14,09	1,27
III ³	-	82,1	43,0	30,83	62,73	31,90	23,81	11,94	1,05
IV ²	I	69,6	40,7	17,53	21,00	3,47	19,51	12,77	1,68
	II	50,6	40,0	18,13	20,83	2,70	15,53	11,75	1,89
	-	-	-	-	-	6,20 ⁴	-	-	1,79 ⁵
V ²	I	63,3	46,3	15,60	20,30	4,60	25,43	17,23	2,26
	II	59,7	47,7	17,80	22,50	4,50	15,63	12,05	1,45
	-	-	-	-	-	9,10 ⁴	-	-	1,85 ⁵
VI ³	-	62,3	42,8	36,30	40,33	4,03	16,08	12,34	1,37

1. Indica el incremento del grano quebrado en cada etapa del proceso de secado.

2. Sistema de secamiento por etapas.

3. Sistema de secamiento continuo.

4. Suma de los incrementos de quebrado parciales en cada etapa.

5. Dato de velocidad de secamiento es el promedio de las velocidades de secamiento de cada etapa.

secamiento" (Cuadro 2). Este índice indica el incremento en el porcentaje de grano quebrado por cada punto de humedad extraída. Así, cuanto menor sea el índice general o el índice calculado para una etapa, más eficaz será el proceso total o parcial para extraer el agua sin dañar el grano.

Los índices generales calculados permitieron comprobar que, en general, con el secado por etapas se daña menos el arroz que con el secado continuo. Así, los molinos IV y V fueron los que produjeron el menor daño al grano por cada punto de humedad extraído. En opinión de los autores, índices generales mayores de 0,5 no serían aceptables. Ninguno de los molinos visitados obtuvo un índice general, ni por etapa, menor de 0,5.

Los tres índices de eficacia de la última etapa de los molinos I, IV y V confirman lo descrito por Zeledón (1981), en el sentido de que durante las etapas finales del secado, los granos de arroz se tornan más susceptibles al quebramiento, lo que había sido anteriormente informado por Henderson (1957). En contraposición, los índices más bajos fueron obtenidos siempre en la primera etapa, a pesar de que en ésta se utilizaron

las temperaturas del aire más altas. Esto ilustra, una vez más, la necesidad de ajustar la temperatura del aire desecante conforme progresa el secado del arroz.

Análisis de los principales factores del secamiento

Temperatura del aire desecante. Los molinos utilizaron temperaturas del aire muy diferentes, lo que señala la inexistencia de criterios compartidos en una materia tan básica (Figura 1A). Se observó que los molinos que secaron por etapas utilizaron durante la última etapa una temperatura más baja que las usadas en las etapas anteriores (Cuadro 3). A pesar de esto, el índice por etapa (Cuadro 2) indicó que siempre se dañó más el arroz durante la última etapa.

Tanto en los molinos que secaron por etapas como en los que secaron en forma continua se observó (Figura 1) que las temperaturas promedio más altas siempre estuvieron asociadas a los mayores incrementos de grano quebrado. Esto coincide con lo informado por Calderwood y Webb (1971); Calderwood (1972); Arora *et al.* (1973); y Miller (s.f.). Una relación directa

entre estas 2 variables fue también detectada por Zeledón y Mora (1987), en secamiento continuo.

Las temperaturas del aire usadas actualmente en el secamiento continuo (entre 62,3°C y 82,1°C) comparadas con las empleadas 8 años antes (entre 45,6°C y 62,3°C), permiten concluir que las mismas fueron aumentadas en forma considerable. No se tiene conocimiento de las razones que indujeron a este cambio. Las temperaturas actuales superan las recomendadas por Janicki y Green (1976), de 38°C; por Miller (s.f), de 43,3°C; o por Zeledón y Mora (1987), de 45°C. Esta última fue considerada adecuada para el secado continuo, con los equipos en uso en el país.

Para el secado por etapas, Janicki y Green (1976) recomiendan 49°C, y Miller (s.f), 54,4°C. Al comparar éstas con las empleadas por los molinos I, IV y V (Cuadro 3), se concluyó que existe una tendencia a utilizar temperaturas mucho más elevadas, lo que a su vez explica que ningún molino haya obtenido índices de eficacia menores de 0,5.

Temperatura del grano. En los 3 molinos con secamiento continuo, la temperatura del grano al final del secado se mantuvo por encima de la recomendada por Zeledón y Mora (1987), de 40°C. Esta es una indicación más de que el arroz se seca bajo condiciones más severas que las utilizadas 8 años antes. En general, los molinos con secado por etapas obtuvieron temperaturas del grano menores que las de los molinos con secado continuo (Cuadro 3); esto se debe a que la pérdida de humedad no es un proceso lineal, sino que depende de la velocidad de difusión de la humedad dentro del grano hacia la superficie externa (Arboleda y Manalo, s.f). Los períodos de atemperado proveen el tiempo necesario para que la difusión se realice.

Cabe indicar que en el molino V se obtuvo la temperatura más alta, ya que aunque se disponía de poco arroz húmedo, por decisión equivocada de los operarios, los períodos de atemperado fueron casi eliminados (menores de 1 hora); además, en este molino al final del primer pase ya se tenía grano muy caliente.

Humedad del grano. En los molinos se tiene el criterio de finalizar el secamiento cuando el arroz alcanza 12% de humedad. Solamente en el molino II no se cumplió con este criterio (la humedad final en 2 muestreos fue 13,1% y 15,1%). Lo anterior, permite corroborar que en

general, no se aplica la sugerencia de Zeledón y Mora (1987), en el sentido de finalizar el secamiento cuando el arroz llega a 14% de humedad.

Lizarazo *et al.* (1972) recomiendan variar la temperatura del aire desecante según sea el contenido de humedad del grano. En los molinos con secado continuo se pudo comprobar que no se realizan tales cambios. Sin duda, esto perjudica la eficacia de los mismos para secar el arroz sin dañarlo. En los molinos con secado por etapas, la reducción de temperatura del aire en la última etapa, podría considerarse como un cambio en respuesta al menor contenido de humedad en el grano. Sin embargo, como se comprobó, este ajuste no fue suficiente para prevenir el daño al arroz.

Velocidad promedio de secamiento. Las velocidades promedio de secamiento variaron entre 0,92% de humedad/hora y 2,26% de humedad/hora; datos muy similares a los obtenidos 8 años antes (entre 0,3%/hora y 2,5%/hora) (Zeledón y Mora, 1987). Esto fue inesperado, pues como ya se indicó se usaron en este ensayo temperaturas de secamiento muy altas.

En un molino evaluado en ambos estudios se obtuvo una velocidad de secamiento de 1,05%/hora con una temperatura del aire de 82,1°C; 8 años antes se obtuvo una velocidad de 1,45%/hora con 47,6°C. Una posible explicación a esta aparente contradicción es la ocurrencia de reducciones en el caudal de aire que entregan los ventiladores de las secadoras. Esto no fue comprobado experimentalmente, mas se debe apuntar que la introducción de hornos de cascarilla conectados a 2 secadores pudo afectar en forma importante dichos caudales.

Zeledón y Mora (1987) hallaron una correlación positiva y significativa entre los incrementos de quebrado y la velocidad de secamiento. También encontraron que la correlación era positiva y altamente significativa entre la temperatura del aire desecante y los incrementos de grano quebrado. En este segundo estudio se pudo comprobar en los molinos con secado continuo, el papel preponderante de la temperatura del aire (correlación directa), no así la velocidad de secamiento (correlación indirecta) (Cuadro 3). Estos resultados apuntan nuevamente a que con los equipos y las prácticas de secado continuo en uso en el país, se debe poner mayor atención en la escogencia de la temperatura del aire desecante.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según su uso actual en Costa Rica, el secado por etapas no está brindando los beneficios esperados, debido a que los incrementos de grano quebrado causados por este tipo de secado fueron en general similares o mayores que los obtenidos 8 años antes, cuando el secamiento en su totalidad se realizaba en forma continua. Los molinos que siguen utilizando el secado continuo, deberían también revisar las condiciones de secado; en especial la temperatura del aire desecante.

En ambos casos se recomienda que los molinos arroceros realicen los cambios necesarios para reducir drásticamente el daño al arroz durante el secado. Se debe poner atención especial al funcionamiento de los hornos de cascarilla, pues todo parece indicar que su manejo inadecuado puede ser la causa de las grandes variaciones observadas en la temperatura del aire y quizás, también, de los altos promedios de esta misma variable.

RESUMEN

Después de 8 años de haber realizado el primer estudio de su tipo en molinos arroceros de Costa Rica, se realizó un segundo estudio para actualizar el conocimiento sobre las prácticas de secamiento utilizadas y determinar su efecto sobre la calidad del arroz. Siguiendo un sistema de muestreo que permitió realizar un control efectivo de calidad durante el proceso de secado, se pudo comprobar que, en la actualidad, los molinos están dañando (quebrando) más arroz que hace 8 años. Los datos recolectados permiten señalar el uso de altas temperaturas del aire desecante como la causa principal de este fenómeno. El secado por etapas, técnica de secado introducida por algunos molinos durante el lapso entre los estudios, no fue suficiente para contrarrestar los perjuicios causados por las altas temperaturas de secado. Se comparó los diferentes molinos, que seguían prácticas de secado muy disímiles, con el uso de un índice de eficacia de secado, el cual indica el daño en términos de incremento en el porcentaje de granos quebrados por cada punto de humedad extraída. En todos los molinos se superó un índice de 0,5 que fue postulado como un límite máximo aceptable. Se discute el papel de los principales factores del secamiento en los resultados obtenidos.

LITERATURA CITADA

- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (AACC). 1983. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minn. p.i.
- ARBOLEDA, J.R.; MANALO, A.S. s.f. Paddy drying. Rice Production Training Program. The International Rice Research Institute. 12 p. (Handout sheet Agricultural Engineering).
- ARORA, V.K.; HENDERSON, S.M.; BURKHARDT, T.H. 1973. Rice drying cracking versus thermal and mechanical properties. Transactions of the ASAE 16(2):320.
- CALDERWOOD, D.L.; WEBB, B.D. 1971. Effect of the method of dryer operation on performance and on the milling and cooking characteristics of rice. Transactions of the ASAE 14(1):142-145.
- CALDERWOOD, D.L. 1972. Rice drying and storage studies. Rice Journal 75(7):63.
- OFICINA NACIONAL DE SEMILLAS. COSTA RICA. 1987. Memorias. San José, Costa Rica. p. 18-20.
- HENDERSON, S. 1957. Milled rice yields. California Agriculture 11(7):6-15.
- JANICKI, L.J.; GREEN, V.E. 1976. Rice losses during harvest, drying and storage. *El Riso* 25(4):333-338.
- LIZARAZO, L.J.; RODRIGUEZ, C.O.; UREÑA, P.N. 1972. El arroz; control en la elaboración y clasificación en blanco. Bogotá, Instituto de Mercadeo Agropecuario. 103 p.
- MILLER, L. s.f. Rice; harvesting, drying and storage. Mimeografiado. s.p.
- WEBB, B.D.; STERNER, R.A. 1972. Criteria of rice quality. In Rice; chemistry and technology. Ed. by D.F. Houston. St. Paul, Minn., A.A.C.C. 517 p.
- WIMBERLY, V.E. 1976. Paddy rice postharvest industry in developing countries. Los Baños, Filipinas, IRRI. 188 p.
- ZELEDON, M.E. 1981. Relación entre el secado y el quebramiento del arroz en cinco molinos de Costa Rica. Tesis Ing.Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 30 p.
- ZELEDON, M.E.; MORA, M.A. 1987. Relación entre el secado y el quebramiento del arroz en cinco molinos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 11(2):163-168.