

METODO GRAVIMETRICO PARA ESTIMAR LA CANTIDAD DE CAPAS EXTERNAS REMOVIDAS AL ARROZ INTEGRAL DURANTE SU BLANQUEO Y PULIDO^{1/*}

Manuel Zeledón **
Ronny Barboza **
Jorge Isaac Arrieta **

ABSTRACT

Proposed methodology for estimating the removal of the external layers in rice kernels during peeling and polishing. A proposed methodology to estimate objectively the removal of the external layers of rice kernels during peeling and polishing was evaluated, since no method has been widely adopted by costarrican rice mills so far. The procedure consists of separating whole brown rice grains that have not lost any part of the kernel, and then, after the milling is done, separating whole milled rice grains. A given number of grains is counted from each group and then the weight difference is expressed as percentage of brown kernel weight. This was called "index of removal". The relationship between sample size (number of grains) and the accuracy of the index was studied. Due to the simplicity and low implementation costs of the index, it is suggested that the rice industry should further evaluate its usefulness to keep laboratory and industrial milling equipment (peelers and whiteners) working accordingly, that is, removing the same proportion of external layers from rice kernels; and, in general, as a tool to monitor industrial equipment of this sort.

INTRODUCCION

Los procesos de blanqueado y pulido son etapas del beneficio o molienda del arroz, que en lo fundamental consisten en remover total o parcialmente las capas celulares más externas y el germen de cada grano, con el mínimo posible de

roturas y sin que se afecte su forma original. Granos pilados son, entonces, aquellos que han sido sometidos a los procesos indicados.

La apariencia y el brillo de los granos de arroz pilado dependen de los requerimientos del mercado. Es así como el número de pasadas sucesivas en aparatos de blanqueado y pulido o el tiempo que se hace permanecer el arroz en estos equipos, varía según el grado de pulido deseado en el producto final. Además, la apariencia y el brillo del arroz dependerán de las características propias de la variedad, del tipo y estado del equipo que realice la operación y de la forma como se lleven a cabo estos procesos (Primo *et al.*, 1964; Cubillo, 1970; Lizarazo *et al.*, 1971; Guardia, 1974; Angladette, 1975; Salazar, 1987).

Actualmente, en Costa Rica y en muchos otros países, el arroz se blanquea, o se blanquea y pule, hasta obtener el grado de pulido deseado;

^{1/} Recibido para publicación el 15 de noviembre de 1994.
* Este artículo contiene los resultados de un proyecto de investigación realizado por los dos primeros autores en el CIGRAS y una sección de la tesis de Ing. Agr. presentada por el tercer autor en la Escuela de Fitotecnia, Universidad de Costa Rica.
** Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. El primer autor es miembro del Programa de Apoyo Financiero a Investigadores Científicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.

esta meta se intenta lograr con operadores experimentados, conocidos en Costa Rica como "Piladores", sobre quienes recae la responsabilidad de lograr el grado de pulido deseado.

White (1972) indica que con este sistema de control (visual y por lo tanto subjetivo) las variaciones son enormes; por lo tanto, no es posible en un molino arrocero determinar con exactitud si se están eliminando todas las capas externas y el mínimo de endospermo, o si se están removiendo inadvertidamente las capas más externas del endospermo, con el detrimento en los rendimientos que esto conlleva. La otra situación por evitar es el pulido incompleto, con el inconveniente de que la apariencia final del producto cambia y también su almacenabilidad se ve limitada por problemas de enranciamiento. Cualquiera de estos extremos es inconveniente y tienen repercusiones económicas importantes.

A pesar de que es un factor de calidad muy importante, no existe un procedimiento de evaluación que sea simple y a la vez objetivo, para corroborar el grado de pulido en el arroz. Se han desarrollado métodos químicos (Primo *et al.*, 1964) y fotométricos (Johnson, citado por Barber *et al.*, 1977), pero no han sido aceptados como metodologías de uso cotidiano en empresas arroceras. En Japón, por ejemplo, en algunos molinos arroceros se acostumbra determinar continuamente la producción de semolina y si ésta aumenta o disminuye con respecto a un valor preestablecido, se ajustan los pulidores y los blanqueadores según corresponda (Witte, 1972).

Una propuesta del primer autor de este trabajo, la cual es simple y permite obtener mediciones objetivas en principio, si bien no pretende poder determinar el "punto final deseado" o sea el grado de pulido pretendido, sí intenta servir como herramienta para el monitoreo del proceso de pilado; se estima que una vez desarrollada, esta herramienta podría llegar a facilitar que cada día se logre con mayor precisión alcanzar en el arroz el grado de pulido que el mercado requiere, cualquiera que este sea.

La propuesta consiste en calcular un "índice de extracción de las capas externas del arroz"; en forma abreviada, "índice de extracción". El mismo se basa en que normalmente en el arroz integral y en el pilado predominan los granos enteros y en que, en teoría, la diferencia de peso entre los granos enteros pilados y los granos enteros integrales debe estar altamente correlacionada con la

cantidad de capas externas removidas durante el blanqueado y pulido. Si se consideran únicamente granos enteros cuya forma original no haya sido alterada, se podrían obviar varias fuentes de error asociadas al uso de la producción del salvado de arroz (en Costa Rica se le denomina "semolina" a este subproducto) como indicador del avance de los procesos de blanqueado y pulido, o las asociadas al uso del rendimiento de molienda con el mismo propósito.

Entonces, dado que no se dispone de métodos objetivos de aceptación general para utilizarlos en el monitoreo del proceso de remoción de capas externas del arroz, se realizó el presente trabajo cuyo objetivo principal fue evaluar la propuesta indicada como posible método simple para cuantificar objetivamente y con precisión conocida los procesos de blanqueo y pulido. El mismo método debería servir para la calibración tanto de equipos industriales como de laboratorio.

MATERIALES Y METODOS

Fórmula del índice de extracción

La fórmula del índice de extracción propuesto es la siguiente:

$$\text{Índice de Extracción} = \frac{(\text{PnGEI} - \text{PnGEP})}{\text{PnGEI}}$$

donde:

PnGEI = Peso de *n* granos de arroz integral, enteros y sin quebraduras; y

PnGEP = Peso de *n* granos de arroz pulido, enteros y sin quebraduras.

Como se deriva de la fórmula, solamente se requiere obtener submuestras representativas de granos de arroz enteros y sin quebraduras y contar un cierto número de éstos.

Selección de granos de arroz

Se evaluaron las cribas #12 y #13 (correspondientes a 12/64 y 13/64 de pulgada ó 0,476 y 0,516 cm, respectivamente) de un equipo clasificador de arroz (Rice Sizing Device), para la selección de granos enteros sin quebraduras, con el material usado en este experimento, a saber, arroz tipo largo. Se utilizaron 6 muestras de arroz integral y de cada una se prepararon 3 submuestras de 100 g, a los que se les extrajo el grano quebrado con

cada una de las cribas antes mencionadas. Luego, las muestras fueron reconstituidas y sometidas a un tratamiento de pulido en un pulidor de laboratorio McGill No.3, durante 30 seg con pesa de 907 g en el brazo de presión del pulidor (30 s cp), seguido por 30 seg con sólo el brazo de presión, o sea sin pesa (30 s sp). Se evaluaron también las mismas cribas con el grano pulido.

Selección de un contador de granos

Se evaluaron 2 opciones con respecto al conteo manual: un contador electrónico de granos (Count-A-Pak Model 77), y una rejilla contadora. Esta última consta de 375 hendiduras con capacidad para 2 granos cada una. La rejilla está conformada por una lámina metálica de 1,5 mm de grosor con perforaciones rectangulares de 12,6 x 2,6 mm y una lámina de metal como fondo. La misma presenta también un reborde de 0,5 cm de altura a su alrededor, excepto en una zona de 5 cm en uno de los lados, por donde se descargan los granos sobrantes. Durante los conteos con esta rejilla, se corroboró visualmente que hubiera 2 granos en cada hendidura.

Para la evaluación de las opciones de conteo, se prepararon porciones de granos enteros y sin quebraduras de arroz descascarado. Después de pasar cada una de las porciones por el contador electrónico o por la rejilla contadora, se procedió a contarlos manualmente. Con el primer aparato se pretendía contar porciones de 1000 granos y con el segundo, de 750 granos. El mismo procedimiento anotado se repitió una vez que la muestra había sido pulida (tratamiento de pulido 30 s cp + 30 s sp).

Ensayo preliminar

Efecto del pulido y el tamaño de muestra sobre el índice de extracción. En este ensayo se utilizaron 9 tratamientos de pulido: 5, 10, 15, 20, 25 y 30 s cp; y 30 s cp más 5, 10 y 15 s sp. Muestras homogéneas de arroz integral obtenido a partir de un lote de arroz comercial, fueron descascaradas según procedimientos estándar de laboratorio y luego pulidas según los tratamientos indicados. En total se realizaron 4 repeticiones de cada tratamiento.

Antes y después de pulir el arroz de cada muestra, se pesaron 20 grupos de 100 granos enteros y sin quebraduras. Para cada tamaño de muestra (desde 100 hasta 2000 granos), se calculó el valor del índice de extracción.

Efecto del pulido sobre otras variables en el proceso de pulido del arroz. Se recolectó la semolina de arroz generada por cada una de las muestras utilizadas en la prueba anterior. Se procedió luego a eliminarle los pedazos de lema y pala (cascarilla de arroz) y los pequeños fragmentos de arroz, que durante el pulido pasan a formar parte de la semolina. Para esto, se pasó la semolina por un tamiz con perforaciones circulares de 0,99 mm de diámetro, hasta obtener en la bandeja de fondo el componente polvoso (denominado en este trabajo "semolina purificada"); y sobre el tamiz, la cascarilla y los pedazos pequeños de arroz. Los componentes sobre el tamiz fueron finalmente separados con un soplador de semillas tipo South Dakota. Se registró el peso de los pedazos de arroz.

Con los datos sobre producción de semolina y arroz quebrado en la semolina, se calcularon 3 variables:

- "Porcentaje de semolina purificada", expresada como gramos de semolina purificada por cada 100 g de arroz integral;
- "Porcentaje de semolina comercial", o sea el peso removido al arroz integral durante el pulido, expresado como la diferencia de peso entre el arroz integral y el arroz pulido por cada 100 g de arroz integral; y
- "Porcentaje de semolina ajustado", que corresponde al porcentaje anterior (Variable b) menos el porcentaje de arroz quebrado recuperado de la semolina, expresado este último en gramos de arroz quebrado por cada 100 g de arroz integral.

La variable "a" indica el componente polvoso de la semolina; la "b", la pérdida de peso total sufrida por el arroz integral durante el pulido; y la "c" lo mismo que la anterior, pero sin considerar como pérdida de peso los fragmentos de arroz que pasan a formar parte de la semolina.

Ensayo final

Determinación de la certeza del índice de extracción. Se trabajó con 3 muestras de arroz en granza: los cultivares locales CR-1821 y CR-5272 (semilla certificada) y una mezcla varietal (muestra de grano comercial). Todas clasifican como arroces de tipo largo. De cada una se prepararon 10 submuestras de 1 kg y se descascararon. Luego, de cada submuestra se extrajeron al azar 40 grupos de 250 granos de arroz integral enteros y

sin quebraduras y se pesó cada grupo. Seguidamente, se reconstituyó la muestra y se procedió a pulirla durante 30 s cp y 30 s sp. Un día después, se extrajeron nuevamente 40 porciones de 250 granos de arroz pulido enteros y sin quebraduras.

La relación entre el número de granos enteros (tamaño de la muestra) y la certeza del índice de extracción se determinó mediante la utilización de un programa de cálculo desarrollado especialmente para ese fin. Dicho programa de cálculo toma los pesos de los grupos de 250 granos integrales y realiza todas las combinaciones aleatorias posibles para formar grupos de 500 granos; luego realiza lo mismo para los otros tamaños de muestra ensayados, a saber, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2250 y 2500 granos. Lo mismo hace con los grupos de granos pulidos.

Seguidamente, el programa calcula el índice de extracción para parejas de datos aleatoriamente formados, dentro de cada tamaño de muestra. Procede, finalmente, a calcular la certeza, o sea el porcentaje de índices que caen dentro de un ámbito predeterminado, a saber, el valor del índice de extracción para 10000 granos $\pm 0,5$.

Por limitaciones del equipo de cómputo disponible, no se pudieron hacer todas las combinaciones planeadas, por lo que los cálculos para los grupos de 2250 y 2500 granos tuvieron que ser extrapolados con ecuaciones de regresión, en las que se utilizaron pares ordenados conformados con los datos obtenidos con el programa de cálculo indicado, a saber, la certeza del índice de extracción (variable dependiente) y el tamaño de muestra (variable independiente).

RESULTADOS Y DISCUSION

Obtención de granos enteros y selección de un contador de granos

Como era de esperar, la criba #13 separó mayor cantidad de granos quebrados (pedazos de arroz menores que 3/4 partes del tamaño típico de los granos enteros sin quebraduras) que la criba #12, tanto en las muestras de grano integral como en las de grano pulido; pero, además, se comprobó visualmente que la criba #13 logró extraer los granos quebrados cuyo tamaño era mayor de 3/4, no así la criba #12. En efecto, la fracción de granos enteros obtenidos con la criba #13 estaba conformada por granos cuya forma original aparentemente no fue alterada por la pérdida de fragmentos. Por lo tanto, se decidió usar esta criba para

obtener los granos de arroz enteros y sin quebraduras, integrales o pulidos, que se utilizarían para calcular el índice de extracción.

En cuanto al conteo de los granos, se encontró que con el contador electrónico el proceso tomaba mucho tiempo. El conteo manual de los granos es efectivo, pero tiene la misma desventaja, en especial cuando se trabaja con muestras grandes; sin duda, la más rápida de las 3 opciones fue la rejilla contadora.

Con el contador electrónico de granos se presentaron algunos otros problemas, debido a que cualquier pequeña impureza en la muestra era registrada por el aparato; además, el grano más denso tendía a ser registrado primero que el de menor densidad, lo cual podría afectar la validez de los resultados obtenidos. Además, con este equipo se obtuvieron mayores errores que con la rejilla contadora (Cuadro 1). La exactitud en el conteo de granos es muy importante, puesto que, por ejemplo, por cada 2 granos de más o de menos que se cuente se alteran los resultados del índice en 0,1 puntos porcentuales, aproximadamente, cuando se trabaja con muestras de 2250 granos.

Debido al fácil manejo de la rejilla y a su poca variación con respecto al análisis manual, se decidió utilizarla en el resto del experimento. La

Cuadro 1. Comparación de dos opciones para el conteo de granos de arroz enteros y sin quebraduras, integrales o pulidos.

Muestra	Grano integral		Grano pulido	
	C.E.	R.C.	C.E.	R.C.
	(# de granos)			
1	1003	749	1002	751
2	1004	750	1003	750
3	1001	750	1001	751
4	1003	751	1000	752
5	1002	750	1002	750
6	1000	749	1004	750
7	1004	750	1003	751
8	1001	750	1005	750
9	1000	749	1004	750
10	1004	750	1007	750
Promedio	1002	749,8	1003,1	750,5
Desviación estándar	$\pm 1,2$	$\pm 0,2$	$\pm 1,3$	$\pm 0,8$

C.E.= contador electrónico; R.C.= rejilla contadora.

Nota: Las muestras seleccionadas por ambos equipos fueron contadas a mano y debían ser 1000 granos para el contador electrónico y 750 granos para la rejilla contadora.

variación registrada puede ser atribuida a error humano, por lo que con alguna práctica los conteos con este aparato podrían llegar a ser aún más exactos.

Efecto del pulido y el tamaño de muestra sobre el índice de extracción

Conforme se aumentó el tamaño de la muestra de análisis (número de granos), los valores del índice de extracción presentaron una menor variación con respecto al valor inmediatamente anterior (Figura 1). A partir de aproximadamente 1500 granos, estas variaciones fueron notablemente menores; también, se pudo observar que con respecto al valor del índice para 2000 granos, todos los valores para muestras entre 1500 y 2000 granos presentaron diferencias menores de 0,5.

Con respecto a los diferentes tratamientos de pulido, en la Figura 1 se comprueba que el índice de extracción puede discriminar con mayor facilidad entre muestras que han sido poco pulidas. Con muestras cuyo grado de pulido se aproxima más al que comercialmente es aceptable en Costa Rica (tratamiento de pulido 30 s cp + 30 s sp), la discriminación fue más difícil; los datos de esta prueba preliminar parecen indicar que se requiere de más de 2000 granos para discriminar con certeza las muestras cuyas capas externas han sido removidas casi en su totalidad.

Efecto del pulido sobre otras variables

Con el propósito de poder comparar los datos del índice de extracción con otras variables, se estudiaron 3 alternativas para evaluar el proceso de pulido de arroz. Como puede observarse en la Figura 2, las 3 líneas presentan en general una respuesta positiva a cada incremento en el tiempo de pulido. Únicamente la variable "Porcentaje de semolina comercial" registró en un caso un valor menor que el anterior, a saber, el tratamiento de 30 s cp + 5 s sp con respecto al de 30 s cp. Esta correlación entre los datos fue considerada alta (Cuadro 2).

Conforme aumenta el tiempo de pulido, parece crecer cada vez más la brecha entre las variables "Porcentaje de semolina comercial" y "Porcentaje de semolina ajustado" (sin quebrado), esto indica que la producción de los pedazos de arroz quebrado que pasan a formar parte de la semolina no es constante. Para el tratamiento 30 s cp + 15 s sp, la diferencia entre estas 2 variables fue aproximadamente un 3%. Esa misma diferencia se

mantuvo bastante estable a partir del tratamiento de pulido de 30 s cp, lo que permite concluir que la etapa del proceso de pulido en el que se produce arroz quebrado que pasa a la semolina, es precisamente la inicial.

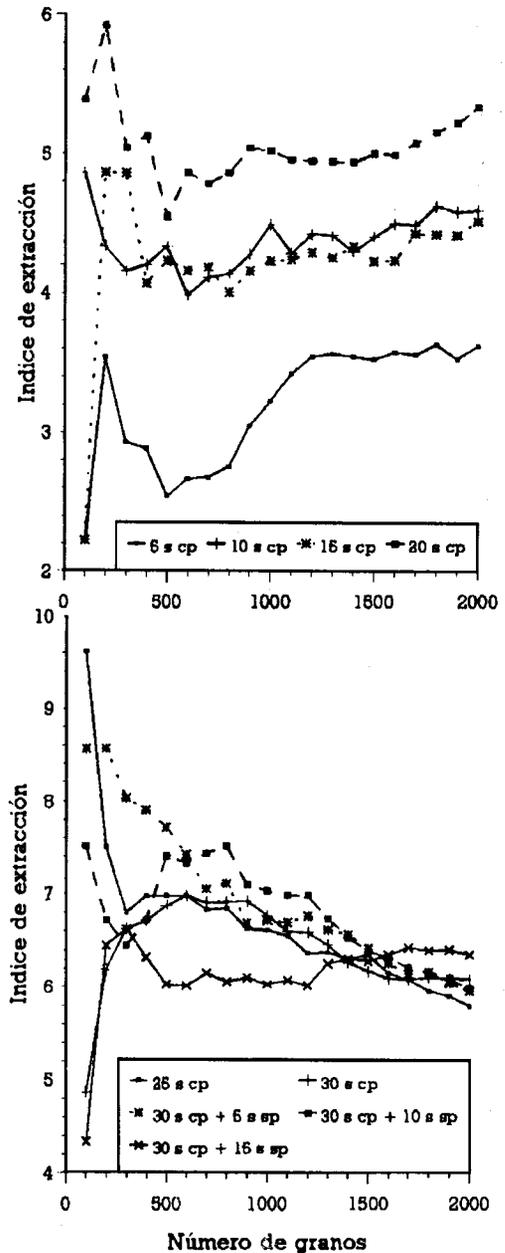


Fig. 1. Efecto del tamaño de muestra y del tratamiento de pulido sobre los valores del índice de extracción de capas externas del arroz.

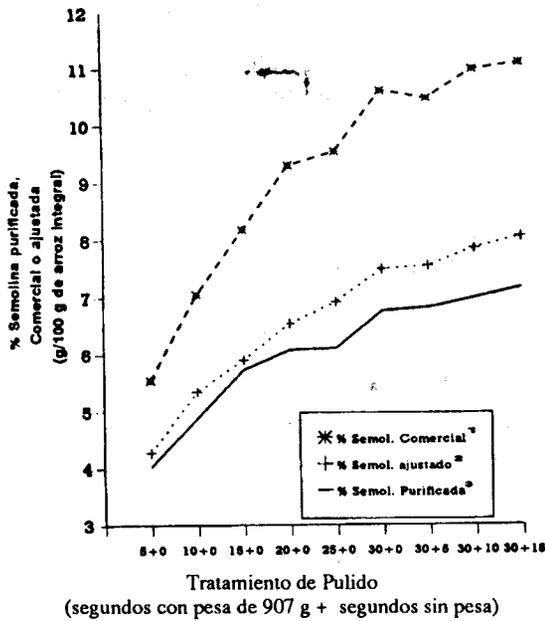


Fig. 2. Tres variables para cuantificar la remoción de las capas externas durante el proceso de pulido de arroz.

- Nota:
1. Peso removido al arroz integral durante el pulido por cada 100 g de arroz integral.
 2. Peso removido al arroz integral menos el peso del arroz quebrado recuperado de la semolina por cada 100 g de arroz integral.
 3. Gramos de semolina purificada por cada 100 g de arroz integral.

Por su parte, la semolina purificada (componente polvoso de la semolina comercial) debió reflejar verazmente el proceso de remoción de capas externas del arroz, excepto por aquellos contaminantes que no pudieron ser removidos con el sistema de limpieza utilizado en este ensayo. Sin embargo, con esta variable surge la duda en el sentido de que los granos de poca dureza, como los granos yesosos y los granos inmaduros, podrían aportar cantidades adicionales de capas externas o incluso llegar a desintegrarse por completo. Exceptuando esta objeción, la semolina purificada debe, en teoría, ser un buen indicador del proceso de remoción de capas externas durante el blanqueado y pulido del arroz. No obstante, la dificultad de su implementación, en especial por la necesidad de utilizar técnicas de muestreo complejas en un sistema de producción continuo como el de una arrocera, hace pensar en la necesidad de buscar otras alternativas más simples.

Cuadro 2. Correlaciones entre 3 posibles variables para cuantificar la remoción de capas externas durante el pulido y los índices de extracción para 4 tamaños de muestra de análisis.

	% de Semolina		Índice			
	Comercial	Ajustado	(500)	(1000)	(1500)	(2000)
% semolina purificada	0,995	0,992	0,863	0,873	0,901	0,952
% semolina comercial		0,997	0,884	0,904	0,928	0,970
% semolina ajustado			0,896	0,913	0,942	0,977

En la Figura 3, se puede observar que la diferencia entre los valores de la semolina purificada y el índice de extracción para 2000 granos oscilaron entre 0,7 y 1,0%, para los tratamientos 30 s cp y 30 s cp + 5, 10, ó 15 s sp. Con base en estos datos, podría estimarse, entonces, que en una proporción aproximadamente igual está “contaminada” la semolina purificada.

Esa pequeña contaminación hace que los valores de semolina purificada sean usualmente mayores que los del índice de extracción para 2000 granos. Cabe señalar que con los 2 primeros tratamientos de pulido (5 s cp y 10 s cp), los datos de semolina purificada y los del índice de extracción para 1500 y 2000 granos fueron muy similares, pero luego tendieron a separarse. Esto confirma lo anotado anteriormente, en el sentido de que con el progreso del pulido, la producción de “contaminantes” en la semolina purificada podría aumentar.

La certeza del índice de extracción

Dado que los valores de los índices de extracción se correlacionan altamente con la variable “semolina purificada”, convenía estudiar más profundamente el primero, en especial por la gran facilidad para su implementación en la práctica. Fue así que la certeza del índice de extracción asociada con diferente número de granos (tamaño de muestra), se evaluó con mayor detalle. Desde un inicio, se asumió que el valor del índice para 10000 granos debía ser un buen estimador del parámetro y que una precisión de ± 0,5 sería aceptable para la industria arrocera. Los datos experimentales indicaron que la suposición sobre la validez del parámetro fue razonable, pues se alcanzó una certeza promedio de 97,4% con sólo 2500 granos.

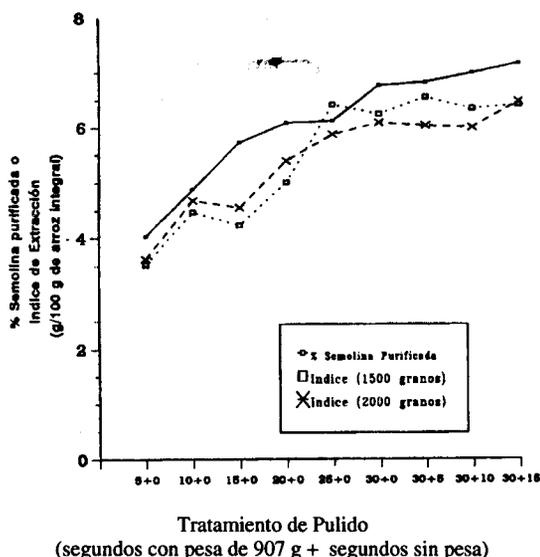


Fig. 3. Relación entre los índices de extracción para muestras de 1500 ó 2000 granos y el porcentaje de semolina purificada, en arroz sometido a diferentes tratamientos de pulido.

Como era de esperar, el grado de certeza aumentó conforme aumentó el tamaño de la muestra (Cuadro 3). El usuario podría utilizar un tamaño de muestra de acuerdo con sus necesidades de certeza. Así, si le satisface obtener valores del índice que no difieren más de 0,5 del valor real en un 75% de las ocasiones, realizaría la prueba con 1000 granos, si estuviera procesando arroz de un cultivar puro; o 1250, si se tratará de una mezcla comercial.

Con base en el Cuadro 3, se determinó que con 2250 granos se logra una certeza promedio mayor de 95%, pues con este número la certeza experimentó un mínimo de 91,77% para la muestra comercial y un máximo de 98,64% para la muestra de CR-1821.

El poder controlar la certeza de la información es una ventaja importante de esta técnica; además, puede aplicarse tanto en lotes puros como en lotes mezclados. Otra ventaja importante de la técnica es su simplicidad, pues se requiere únicamente un aditamento para contar granos y un equipo para separar granos enteros sin quebraduras, este último es generalmente equipo estándar

Cuadro 3. Porcentaje de certeza en la estimación del índice de extracción asociado a diferentes tamaños de muestra (número de granos), en 2 cultivares y una mezcla de arroz nacional.^a

# de granos	CR-5272 ^b	CR-1821	Mezcla varietal ^c	Certeza promedio
	% certeza			
500	56,54	66,67	48,59	57,27
750	68,03	76,91	60,22	68,39
1000	75,97	83,85	68,36	76,06
1250	81,89	88,96	74,74	81,86
1500	86,45	92,53	79,88	86,29
1750	89,96	95,03	84,05	89,68
2000	92,65	96,76	87,45	92,29
2250	96,63 ^d	98,64 ^e	91,77 ^f	95,68
2500	98,63 ^d	99,26 ^e	94,33 ^f	97,41

a= Los datos para 2000 granos o menos fueron calculados con un programa de cómputo.

b= Muestras de semilla certificada.

c= Muestra comercial.

d= Datos obtenidos con la ecuación de regresión:

$$Y = 35,845 + 0,051343 X - 1,4037E-5 X^2 + 1,5728E-9 X^3 - 6,1837E-14 X^4 \quad (R^2 = 99,783 \%)$$

e= Datos obtenidos con la ecuación de regresión:

$$Y = 42,915 + 0,059209 X - 2,2122E-5 X^2 + 3,4499E-9 X^3 - 1,8729E-13 X^4 \quad (R^2 = 99,891 \%)$$

f= Datos obtenidos con la ecuación de regresión:

$$Y = 27,408 + 0,051557 X - 1,3073E-5 X^2 + 1,396E-9 X^3 - 5,3175E-14 X^4 \quad (R^2 = 99,884 \%)$$

donde:

Y = porcentaje de certeza; X = número de granos

en las arroceras o molinos arroceros y el primero puede construirse a muy bajo costo.

La técnica no requiere entonces ni equipo costoso ni involucra procedimientos complicados y cualquier analista de granos puede aprenderla rápidamente.

Quizás, una de las ventajas más importantes es que permite calibrar los equipos de laboratorio para que realicen el trabajo de pulido en forma similar a como lo realizan los equipos industriales. Hasta ahora, al menos en Costa Rica, esta calibración se ha hecho empíricamente. Los errores de calibración por el uso de estos sistemas, pueden ocasionar serios problemas en el establecimiento de los inventarios reales de una empresa arrocera grande. El pago de sobrepagos por la materia prima así como los faltantes en los inventarios pueden originarse en parte por errores en la calibración de los equipos de pulido de los laboratorios de compras o los equipos de pulido industrial.

Se propone, entonces, que el índice de extracción sea usado como una herramienta de análisis

para determinar la proporción real de capas externas del arroz que son removidas durante las etapas de blanqueado y pulido. Sin embargo, y esto merece enfatizarse, el procedimiento aquí descrito no permite establecer si la remoción de las capas externas fue parcial, total o excesiva. En algunos casos, se deseará la remoción total y en otros no, lo que complica la situación y hace necesario disponer de una herramienta que permita evaluar este aspecto tan importante del proceso de pulido. En este sentido, con un método químico en uso en Filipinas, al cual se le hicieron algunas variantes para adaptarlo a los cultivares nacionales o al grado de pulido usado en el país, se obtuvo resultados muy prometedores (Arrieta, 1994), sobre lo cual se informará en un próximo artículo.

RESUMEN

Se evaluó una propuesta metodológica para cuantificar objetivamente el proceso de remoción de las capas externas del grano de arroz, ya que hasta el momento ninguna de las disponibles ha sido ampliamente adoptada por la industria arrocera en Costa Rica. El procedimiento propuesto consiste en registrar el peso de una determinada cantidad de granos de arroz integral enteros y sin quebraduras y el de una muestra de igual número de granos enteros sin quebraduras de arroz pulido. La diferencia de peso se expresa como porcentaje del peso del arroz integral. A este se le denominó "índice de extracción". Se estableció la relación que existe entre el tamaño de muestra (número de granos) y la certeza del índice de extracción (porcentaje de índices que caen dentro de un ámbito predeterminado). Para un mismo tamaño de muestra de análisis, con muestras de arroz comercial se obtuvieron siempre certezas menores que las obtenidas con muestras de semilla certificada. Se comprobó que el procedimiento propuesto es sencillo y fácil de implementar, por lo que se sugiere a la industria arrocera que lo utilice para mantener ajustados los equipos de pulido industrial y de laboratorio y principalmente para monitorear el proceso de pulido del arroz.

LITERATURA CITADA

- ANGLADETTE, A. 1975. El Arroz. Técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona, Blume. 867 p.
- ARRIETA, J.I. 1994. Metodología para estimar la extracción de las capas externas del arroz integral durante la etapa de beneficiado. Tesis Ing. Agr. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 82 p.
- BARBER, S.; BENEDITO DE BARBER, C. 1977. Una aproximación a la medición objetiva del grado de elaboración del arroz. Agroquímica y Tecnología de Alimentos (Valencia) 17(2):223-234.
- CUBILLO, L. 1970. Comportamiento agronómico y calidad molinera de 5 variedades de arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis Ing. Agr. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 60 p.
- GUARDIA, J. 1974. Procesamiento de arroz en la planta del C.N.P. ubicada en Barranca, Costa Rica. Informe de Práctica. Ing. Agr. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 52 p.
- LIZARAZO, M.; RODRIGUEZ, C.; UREÑA, P. 1971. El arroz, control en la elaboración y clasificación en blanco. Bogotá, Colombia, Instituto de Mercadeo Agropecuario (IDEMA). 103 p.
- PRIMO, E.; CASAS, A.; BARBER, S.; CASTILLO, P. 1964. Factores de calidad del arroz. XIII. Determinación del grado óptimo de elaboración. Agroquímica y Tecnología de Alimentos (Valencia) 4(2):243-245.
- SALAZAR, A. 1987. Beneficio del arroz palay en México. In Encuentro Latinoamericano sobre el almacenamiento y conservación de granos básicos (1987. México). 1988 [Memoria]. FAO, CONASUPO, ANDSA. pp. 141-148.
- TORTOSA, E.; BABER, S.; SEBASTIAN, H. 1978. Factores de calidad del arroz. XIX. Papel de los atributos de calidad del arroz elaborado en la evaluación comercial de muestras españolas. Agroquímica y Tecnología de Alimentos (Valencia) 18(2):207-223.
- WITTE, G.C. 1972. Conventional rice milling in the United States. In Rice chemistry and technology. Ed. by D.F. Houston. St. Paul, Minn., American Association of Cereal Chemists. p. 194.