

Nota Técnica

EL PRESECADO RAPIDO COMO UNA ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA EXACTITUD DE LOS ESTIMADOS DE HUMEDAD DE CAMPO DEL ARROZ CON UN MEDIDOR DE CAPACITANCIA¹

*Manuel Zeledón **
*Ramiro Alizaga **

ABSTRACT

A quick drying treatment as an alternative to improve the accuracy of rice moisture estimates by a capacitant-type meter. The effect of quick-drying rice samples with harvest-time moisture levels upon the accuracy of moisture estimates obtained by an alternative procedure previously proposed by the authors, was evaluated. Clean rice samples, of known weight, were dried with air at 70°C until a 12-13% moisture content (w.b.), weighed and then the moisture of the dried sample estimated with the Motomco 919. The initial or field moisture content was calculated with a simple formula that uses those data. Quick-drying of the samples did not change accuracy of the alternative procedure of moisture measurement, and thus its usefulness was improved noticeably. Desviations of the method compared to the oven method averaged to 0.26 and 0.15 percentage points for 72 and 11 samples of the two most popular cultivars in the country, CR-1821 and CR-5272, respectively. Elapsed time for moisture estimations with this procedure is less than 1 h, a small delay for a considerable accuracy improvement.

INTRODUCCION

Recientemente, Zeledón y Alizaga (1992) propusieron un procedimiento alternativo para estimar la humedad de campo del arroz con el medidor Motomco 919. Con tal procedimiento, se pueden corregir los problemas de subestimación de humedad que fueron inicialmente denunciados por Alizaga (1981); y comprobados luego

por Soto (1989), en arroz tipo largo producido en Costa Rica.

Además de corregir el tipo de error indicado, se demostró que al emplearse el procedimiento alternativo, la exactitud de los valores obtenidos con respecto al método del horno era independiente del nivel de humedad inicial. Ambas correcciones, en la práctica, son de mucho valor, pues en los trabajos antes citados se comprobó que al usar el Motomco 919 en la forma convencional, cuanto mayor es la humedad del arroz, menor es la exactitud de las estimaciones.

El procedimiento alternativo propone utilizar un presecado lento, el cual, evidentemente, hace posible utilizar las muestras presecadas en otras pruebas que componen el análisis completo de calidad del arroz, en especial, la prueba de calidad

1/ Recibido para publicación el 26 de octubre de 1993.
* Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Los autores son beneficiarios del Programa de Apoyo Financiero a Investigadores del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.

molinera. Esto es posible por cuanto la condición original de las muestras, en términos de contenido de granos quebrados, no sufre alteración alguna durante el presecado lento.

Sin embargo, en la industria arrocera es normal que se requiera del dato de humedad de campo del arroz poco después de que un cargamento ingresa a una planta de beneficiamiento. Frente a estas circunstancias, el procedimiento alternativo propuesto (Zeledón y Alizaga, 1992) no es del todo funcional, a pesar de representar un gran avance respecto al procedimiento convencional.

Con el afán de corregir esta limitante operacional al usar el Motomco 919 bajo el procedimiento alternativo, se realizó el presente estudio cuyos objetivos fueron: a) evaluar el efecto de un presecado rápido sobre la exactitud de las estimaciones de la humedad de campo del arroz, obtenidas con el procedimiento alternativo propuesto por Zeledón y Alizaga (1992); y b) corroborar la existencia de errores en la estimación de la humedad del arroz cuando se usa el Motomco 919 en la forma convencional.

MATERIALES Y METODOS

Generalidades

Las muestras de arroz utilizadas en este trabajo fueron donadas por la Arrocera Los Sauces y por la Cooperativa de Productores Independientes de Liberia. Cada muestra fue obtenida por división de la muestra representativa que se separa de cada lote de arroz al momento de ser recibido en la planta arrocera. Las muestras se mantuvieron en bolsas de polietileno y se enviaron antes de una semana al Centro de Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), para su utilización en el ensayo.

El estudio se realizó con arroz de la cosecha 91-92; todo el arroz fue de tipo largo y se utilizaron en total 150 muestras, de las cuales 112 correspondieron al cultivar CR-1821; 23, al cultivar CR-5272 y 15, al cultivar CR-1113.

Manejo de las muestras

A su llegada al laboratorio, cada muestra se pasó por un limpiador de muestras marca Carter-Day (Dockage Tester); luego, la humedad de campo se estimó con el Motomco 919 y las tablas de calibración RR-1 (tabla vigente a partir del 1 de julio de 1986) y RR-1-A (tabla anterior); la misma humedad se determinó con un método de referencia, a saber, el método del horno (AACC, 1983).

Procedimiento Alternativo Rápido

El Procedimiento Alternativo Rápido (PAR), utilizado en este experimento, consistió en someter muestras de arroz limpio de 500 g a un presecado rápido. Para esto, las muestras se colocaron en recipientes triangulares metálicos, del tipo usado comúnmente en los laboratorios de análisis de calidad de granos y semillas, y se introdujeron en un horno de convección forzada donde fueron expuestas a una corriente de aire a 70°C. Las muestras más húmedas fueron presecadas por un máximo de 1 h; las más secas sólo por media hora.

Al finalizar el presecado, las muestras fueron mantenidas en el laboratorio hasta que alcanzaran la temperatura ambiente (25°C). Luego, se pesó la muestra e inmediatamente después se volvió a estimar la humedad con el Motomco 919. Se utilizó una balanza con una precisión de 0,1 g en pesos de hasta 500 g.

La siguiente fórmula se utilizó para estimar la humedad inicial o humedad de campo:

$$\% \text{ Humedad Inicial} = \frac{(P_i - P_f) + (P_f * \frac{\% H_f}{100})}{P_i} * 100$$

Las humedades obtenidas con el PAR se compararon con las estimadas directamente por medio del Motomco en muestras con humedad de campo (procedimiento convencional) y con las determinadas por el método del horno.

RESULTADOS Y DISCUSION

Humedades de campo estimadas por el método convencional

El desempeño general del medidor y las tablas se puede evaluar preliminarmente analizando su exactitud (promedio de las desviaciones entre las lecturas de humedad según el Motomco y la humedad por el horno) y la desviación estándar del medidor con respecto al horno. Para la tabla RR-1, se obtuvo un promedio de -0,57 puntos de porcentaje de humedad (pph) y una de 0,77 pph; para la tabla RR-1-A, el promedio fue de -0,49 pph y la de 1,06 pph. Con estos resultados se pudo probar una vez más la tendencia del Motomco 919 a subestimar la humedad de campo del arroz. Esta observación concuerda con las de Alizaga (1981), Soto (1989) y Zeledón y Alizaga (1992); por lo tanto, las corrobora.

Si bien la subestimación con la tabla RR-1-A fue un poco menor que la obtenida con la tabla RR-1, su desviación estándar fue bastante mayor. El efecto de esto sobre el desempeño de ambas tablas se analiza en detalle a continuación.

La dispersión de los estimados de humedad de campo de 150 muestras al usar la tabla vigente (RR-1) o la tabla anterior (RR-1-A) del Motomco 919 se observa en la Figura 1. Con ambas tablas se presentan 3 zonas definidas por la exactitud de las estimaciones. En la zona I (humedades $\leq 14,5\%$), se presentó una tendencia a la sobreestimación, o sea que el promedio de las desviaciones entre los datos del Motomco y los del horno fue positivo; en la zona II (humedades $> 14,5\%$ y \leq

18,5%), el promedio de las desviaciones tendió a cero; y en la zona III (humedades $> 18,5\%$), el promedio fue negativo, lo que indica una tendencia a la subestimación. Los promedios de las desviaciones (exactitud) en estas 3 zonas fueron: 0,53; -0,11 y -1,04 pph para la tabla RR-1; 1,06; 0,31 y -1,26 pph para la tabla RR-1-A, respectivamente. De los datos anteriores se puede concluir que ambas tablas se desempeñan mal en la zona I y, especialmente, en la zona III (Figura 1).

El mal desempeño en la zona I (humedades $\leq 14,5\%$) no parece concordar con lo informado anteriormente por Zeledón y Alizaga (1992), en el sentido de que con la tabla RR-1-A se obtuvieron estimaciones adecuadas de la humedad de muestras presecadas a menos de 14,5%. El desplazamiento observado entre los datos de desviación promedio de estos dos trabajos (muestras de arroz de las cosechas 1991 y 1992, respectivamente) en este ámbito de humedades bajas, fue equivalente al de un aumento promedio de 0,96 y 1,08 pph para las tablas RR-1 y RR-1-A, respectivamente. Es posible que estas inconsistencias se deban total o parcialmente a cambios en las propiedades dieléctricas de los materiales, que pueden ser causadas por el factor "año" de cosecha. Según Hurburg *et al.* (1987), las diferencias año a año en las propiedades del maíz fueron responsables hasta de un 50% de la varianza entre el aparato y el horno, que en términos de porcentaje de humedad corresponde a 0,6% como máximo. En este mismo sentido, Nelson y Russell (1981) afirman que existe un claro efecto sobre las características dieléctricas del grano, asociado con la época de cultivo y su procedencia.

En relación con el desempeño de las tablas en las 3 zonas de humedad indicadas, se observó que las estimaciones en la zona II fueron satisfactorias. Un promedio de las desviaciones de -0,11 pph con la tabla RR-1 y una desviación estándar de 0,52 pph y valores de 0,31 pph y 0,50 pph para la tabla RR-1-A, respectivamente, permiten concluir que en esta zona se pueden utilizar las tablas directamente, y obtener con ellas estimaciones con exactitud aceptable. La tabla RR-1 presenta una mayor exactitud que la RR-1-A en la zona II, por lo que su utilización en este ámbito, con los cultivares de arroz sembrados en el país, encontraría sustento en los resultados de este estudio. El mejor desempeño de ambas tablas en la zona II concuerda con lo informado por Hurburg *et al.* (1987), quienes observaron,

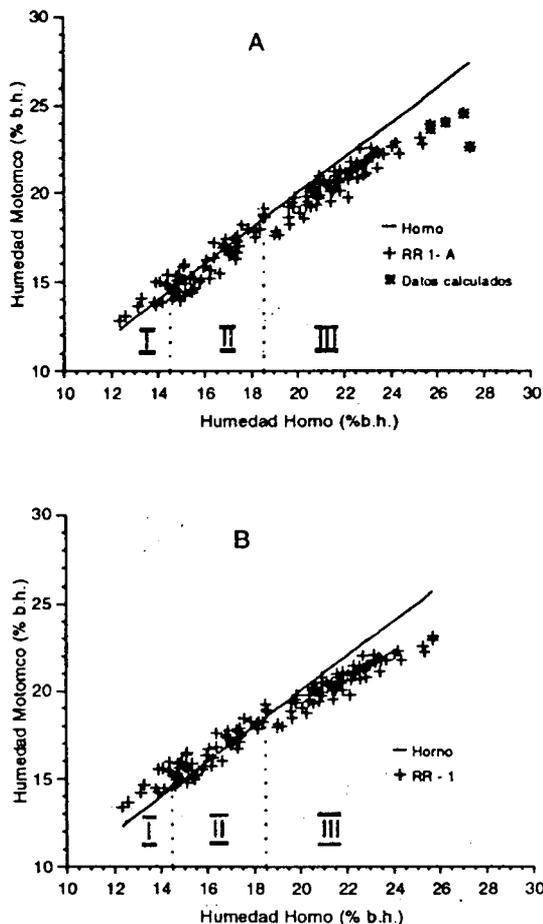


Fig. 1. Dispersión de los estimados de humedad obtenidos con las tablas RR-1-A (A) y RR-1(B) del Motomco 919 con respecto al horno.

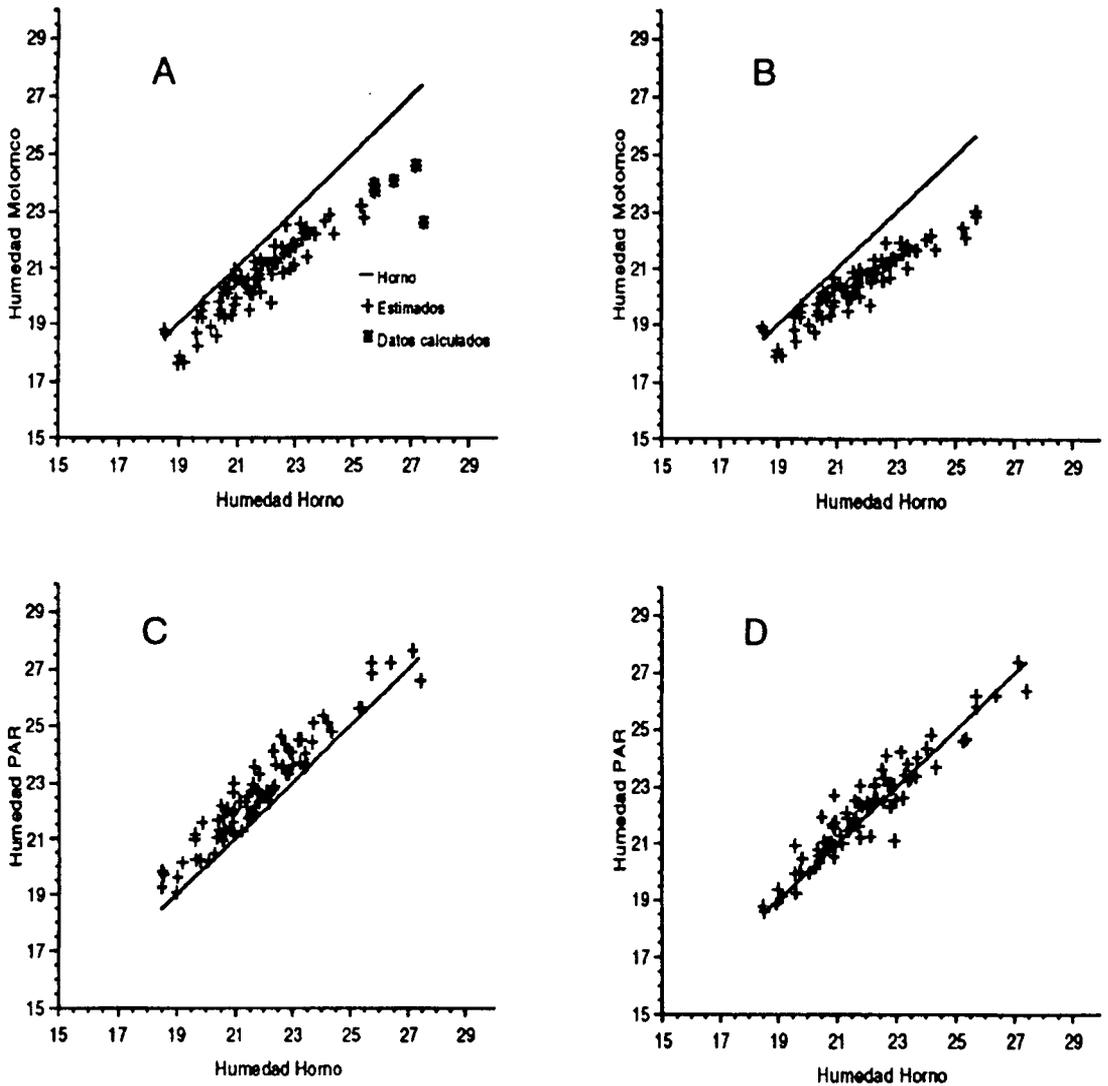


Fig. 2. Dispersión de los estimados de humedad del arroz obtenidos con las tablas RR-1-A y RR-1 del Motomco 919 siguiendo el método convencional (A y B) y el PAR (C y D).

en maíz, que el Motomco presenta la menor desviación respecto al horno al usarse en el ámbito de humedades de 15 a 19%.

Las humedades de campo del arroz generalmente se ubican en la zona III, zona en la que reiteradamente las tablas del Motomco 919, se han desempeñado mal. En la próxima sección se analiza la posibilidad de corregir esos errores con el procedimiento alternativo propuesto por Zeledón

y Alizaga (1992), pero modificado para obtener un presecado rápido de las muestras (PAR) con humedades superiores a 18,5%.

Humedades de campo estimadas mediante el PAR

En la Figura 2, se presentan las estimaciones de humedad por el método convencional (A y B), y las humedades obtenidas cuando se utilizó el

PAR (C y D) con ambas tablas de conversión. Con la tabla RR-1-A (Figura 2C) se pasó de una subestimación promedio de -1,26 pph y una de 0,67 pph a una sobreestimación promedio de 0,90 pph y una de 0,51 pph (Figuras 2A y 2C). Mientras que con la tabla RR-1 se pasó de una subestimación promedio de -1,04 pph (DE de 0,57 pph) a una sobreestimación de solamente 0,25 pp (DE de 0,5 pph) (Figuras 2B y 2D). Estos datos indican que con el PAR y la tabla vigente la exactitud aumenta considerablemente y es comparable con las mejores que es posible obtener con equipos de capacitancia como el Motomco. En maíz, por ejemplo, Hurburg *et al.* (1987) encontraron que la desviación estimada de 3 medidores de capacitancia con respecto al horno (exactitud), se situó entre 0,4 y 0,6 pph. En soya, Hurburg (1987) determinó una exactitud del Motomco 919 con respecto al horno de 0,2 pph. Nelson (1973) considera que, en general, la exactitud de los medidores de capacitancia está en el orden de 0,5% de humedad dentro de un rango limitado de humedades, siempre que el grano esté limpio.

Los buenos resultados permiten concluir que el presecado rápido de las muestras no afectó la exactitud de las estimaciones de humedad obtenidos mediante el PAR. Al respecto, Hemedá y Bern (1982) evaluaron el efecto del secado de maíz a 82°C sobre la estimación de humedad y determinaron que no hubo efectos sobre la exactitud de los medidores de capacitancia evaluados.

No obstante los buenos resultados obtenidos con el PAR, es posible mejorar aún más la exactitud de los mismos. En la siguiente sección, se analiza esta posibilidad al considerar aspectos como el efecto del cultivar y el ámbito de humedades.

Efecto del cultivar y del ámbito de humedad sobre la exactitud de los estimados

En general, cuando se siguió el procedimiento convencional, los mejores estimados de la humedad de campo se obtuvieron para el cultivar CR-1113, pues para éste se determinó el menor promedio de las desviaciones y la menor desviación estándar (Cuadro 1). El desempeño de las tablas con los otros 2 cultivares (CR-1821 y CR-5272) fue casi idéntico y se caracterizó por una tendencia a la subestimación y por desviaciones estándar comparativamente altas.

Si bien lo anterior describe el comportamiento promedio por cultivar, éste fue muy distinto cuando se analizó en cada una de las 3 zonas indicadas en la Figura 1. Así, en la zona III aún las mejores subestimaciones fueron muy altas (promedio -0,98 pph para CR-1821 y -1,22 pph para CR-5272; no hubo datos para CR-1113 en esta zona). En la zona II, con la tabla RR-1 se obtuvo un promedio de las desviaciones de 0,01, -0,06 y -0,48 pph para los cultivares CR-1821, CR-5272 y CR-1113, respectivamente, valores que indican un excelente desempeño de esta tabla con los 2 primeros cultivares, pero una tendencia a la subestimación con el último (Cuadro 2).

Cuadro 1. Desempeño del procedimiento convencional y del PAR con 2 tablas del Motomco 919, en la estimación de la humedad de arroz tipo largo sembrado en Costa Rica.

Cultivar	# de muestras		Procedimiento convencional		PAR	
			Tabla RR-1-A	Tabla RR-1	Tabla RR-1-A	Tabla RR-1
CR-1113	15	\bar{X}^*	0,23	-0,30	0,67	0,42
		DE**	0,40	0,41	0,98	0,98
CR-1821	112	\bar{X}	-0,56	-0,61	0,88	0,33
		DE	1,00	0,77	0,56	0,49
CR-5272	23	\bar{X}	-0,51	-0,48	0,75	0,21
		DE	1,38	0,91	0,51	0,56
Total	150	\bar{X}	0,32	0,84	-0,57	-0,44
		DE	0,56	0,60	0,77	1,06

* Promedio de las desviaciones entre la lectura de humedad con el uso del Motomco 919 y la humedad según el horno.

Cuadro 2. Desempeño por zona de humedad del procedimiento convencional y del PAR en la estimación de la humedad de 3 cultivares de arroz tipo largo sembrados en Costa Rica.

Ambito de Humedad RR-1	Cultivar (# de muestras)		Procedimiento Convencional		Procedimiento Alternativo Rápido	
			Tabla	Tabla RR-1-A	Tabla RR-1	Tabla RR-1-A
Zona I (<14,5)	CR-1113 (3)	\bar{X}^*	0,57	0,03	0,70	0,44
		DE**	0,23	0,23	0,15	0,15
	CR-1821 (6)	\bar{X}	0,67	1,20	0,99	0,74
		DE	0,49	0,48	0,38	0,39
	CR-5272 (4)	\bar{X}	1,20	0,69	0,94	0,67
		DE	0,21	0,21	0,35	0,34
Zona II (14,5-18,5)	CR-1113 (12)	\bar{X}	0,03	-0,48	0,66	0,39
		DE	0,42	0,42	1,11	1,10
	CR-1821 (33)	\bar{X}	0,01	0,39	0,88	0,43
		DE	0,51	0,50	0,65	0,46
	CR-5272 (8)	\bar{X}	0,39	-0,06	0,32	0,05
		DE	0,53	0,55	0,43	0,43
Zona III (>18,5)	CR-1821 (72)	\bar{X}	-1,13	-0,98	0,89	0,26
		DE	0,66	0,59	0,52	0,48
	CR-5272 (11)	\bar{X}	-1,79	-1,22	0,99	0,15
		DE	0,62	0,56	0,43	0,65

* Indica el promedio de los errores o desviaciones entre la lectura de humedad con el uso del Motomco 919 y la humedad según el horno.

** Desviación estándar de los estimados de humedad del motomco 919 con respecto al horno.

El mismo análisis, practicado en la zona I, indicó que hubo una tendencia general a la sobrestimación. El promedio de las desviaciones fue de 0,03, 0,69 y 1,20 pph para los cultivares CR-1113, CR-5272 y CR-1821, respectivamente, invirtiéndose el comportamiento de los cultivares CR-1113 y CR-1821 en relación a la zona II.

Los resultados en las zonas I y II sugieren que la estimación de humedad con el Motomco 919 puede ser afectada por el cultivar. Desafortunadamente, el reducido número de muestras del cultivar CR-1113 (n=15) y del cultivar CR-5272 (n=23) recolectadas para este experimento, no permitió obtener resultados más concluyentes, por lo que se sugiere realizar otros estudios para corroborar la existencia de tal efecto y su importancia.

Desde hace mucho tiempo, se considera la necesidad de usar tablas de calibración para diferentes cultivares de un mismo tipo de grano (Hart y Golumbic, 1961); sin embargo, esto no se ha hecho, posiblemente debido a que en general se ha encontrado poca variación entre cultivares al estimarse la humedad con medidores eléctricos, o bien, a que no se han realizado trabajos cuyo objetivo principal fuese cuantificar cambios en las propiedades dieléctricas de diferentes cultivares. Esfuerzos dirigidos a dilucidar tales efectos podrían encontrar sustento en el trabajo de Nelson y Russel (1981), donde se afirma que después del contenido de humedad, la densidad de la masa de granos es el factor que más afecta la determinación de humedad con medidores de capacitancia.

Conviene, entonces, asociar que la densidad de un tipo de grano, por ejemplo arroz tipo grano largo, puede variar no sólo en función de las condiciones de cultivo y de su composición física, sino también en función de su genotipo. De hecho, en forma natural ocurre variación en estas propiedades entre semillas de diferentes lotes y entre lotes de un mismo cultivar (Stetson y Nelson, 1972).

Finalmente, con el afán de mejorar aún más la exactitud de los estimados de humedad obtenidos con el PAR, se propone usar el presecado rápido para llevar las muestras al ámbito de humedades en el que se obtienen las menores desviaciones entre el Motomco y el horno (máxima exactitud) y que en el presente trabajo, correspondió a la zona II de humedades (14,5 a 18,5%). Anteriormente, Zeledón y Alizaga (1992) obtuvieron buenos estimados de humedad en muestras con humedad de campo entre 15 y 17%. Hurburg *et al.* (1987) determinaron que en este intervalo de humedades es justamente donde los diferentes factores que afectan la variancia de los estimados de humedad muestran un efecto mínimo.

Esta propuesta simplificaría aún más el uso del PAR, pues el tiempo requerido para el presecado sería de 30 min aproximadamente, lo que haría muy conveniente su utilización. Especialmente para la asignación de precios en granza húmeda proveniente del campo y para una mejor cuantificación del peso del grano seco comprado durante una cosecha.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de un secado rápido de muestras de arroz con humedad de campo, sobre la exactitud de los estimados de humedad obtenidos mediante un procedimiento alternativo propuesto anteriormente por los autores. Muestras de arroz limpias, de peso inicial conocido, fueron secadas con aire a 70°C hasta alcanzar una humedad de 12 a 13% en base húmeda; su peso final fue determinado y luego la humedad final se estimó con el medidor Motomco 919. La humedad inicial o humedad de campo del arroz fue calculada con una fórmula simple que uso los datos anteriores. Se encontró que el secado rápido de las muestras no cambió la exactitud de los estimados obtenidos por el procedimiento alternativo evaluado, y por lo tanto la utilidad del procedimiento fue aumentada considerablemente. Las desviaciones de los estimados de humedad obtenidos con el

procedimiento alternativo rápido con respecto al método del horno, fueron en promedio 0,26 y 0,15 puntos porcentuales en 72 y 11 muestras de los 2 cultivares más populares en el país en este momento (CR-1821 y CR-5272). El tiempo requerido para la prueba es menos de 1 h, un tiempo corto para una ganancia considerable en la exactitud de los estimados de humedad.

LITERATURA CITADA

- ALIZAGA, R. 1981. Medición del contenido de humedad en granos básicos con el determinador Motomco, modelo 919. Tesis Ing. Agr., San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 42 p.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. 1983. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minn., p.i.
- HART, J.R.; GOLUMBIC, C. 1966. The use of electronic moisture meters for determining the moisture content of seeds. Proceedings of the International Seed Testing Association 31(2): 201-211.
- HEMEDA, M.A.; BERN, C.J. 1982. Effects of corn variety, mechanical damage and drying temperature on electronic moisture meters. St. Joseph, Michigan. American Society of Agricultural Engineers. 21 p. (Paper No. 3547).
- HURBURGH, Jr. CH.R. 1987. Moisture meter performance II. Soybeans. Transactions of the ASAE 30(2): 582-584.
- HURBURGH, Jr. CH.R.; PAYNTER, L.N.; SCHMITT, S.G. 1987. Moisture meter performance I. Corn over five crop years. Transactions of the ASAE 30(2): 579-581.
- NELSON, S.O. 1973. Electrical properties of agricultural products. A critical review. Transactions of the ASAE 16(2): 384-400.
- NELSON, S.O.; RUSSELL, R.B. 1981. Review of factors influencing the dielectrical properties of cereal grains. Cereal Chemistry 58(6): 487-491.
- SOTO, H. 1990. Prueba adicional sobre la medición del contenido de humedad en granos básicos con el determinador Motomco 919. Tesis Ing. Agr., San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 61 p.
- STETSON, L.E.; NELSON, S.O. 1972. Audiofrequency dielectric properties of grain and seeds. Transactions of the ASAE 15(1): 180-184.
- ZELEDON, M.E.; ALIZAGA, R. 1992. Procedimiento alternativo para la estimación de la humedad del arroz con el Motomco 919. Agronomía Costarricense 16(2):249-256.