

PROCEDIMIENTO ALTERNATIVO PARA ESTIMAR LA HUMEDAD DEL ARROZ CON EL MEDIDOR MOTOMCO 919¹

Manuel E. Zeledón *

Ramiro Alizaga *

ABSTRACT

Alternative procedure for estimating moisture content of rice with the Motomco 919 meter. In previous works the authors proved that moisture values of Costa Rican rice samples obtained with the Motomco Moisture Meter, are usually lower than those obtained by the routine reference method (oven method). To correct this deviation, a new conversion table is required; however, up to date this is not available. This work was conducted to find an alternative procedure for moisture measurement using the Motomco 919 and its original conversion tables. This alternative procedure consisted in drying field samples under controlled laboratory conditions and limiting the use of the meter to samples with approximately 13% w.b. moisture. It improved accuracy substantially and precision was independent of the moisture content of the wet sample. A simple formula serves to calculate estimated initial moisture values. Hypothetically, the same procedure could be used elsewhere to improve accuracy and precision of other meters in testing rice and other produce.

INTRODUCCION

Alizaga (1981) demostró que la estimación de humedad en arroz y otros granos básicos producidos en Costa Rica con el Motomco modelo 919 y las tablas de conversión vigentes, no era enteramente satisfactoria. En arroz los errores fueron particularmente importantes, pues los datos experimentales indicaban una fuerte tendencia a la subestimación de la humedad verdadera, principalmente en muestras con humedades altas. Desde entonces ha existido la inquietud en el Centro de Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) de la Universidad de Costa Rica, de ahondar en el tema. Soto (1990) volvió

a comprobar la tendencia del Motomco 919 y sus tablas de conversión a subestimar la humedad del arroz. En ambos trabajos este aparato se utilizó para estimar la humedad de arroz de tipo largo producido en Costa Rica y la tabla RR-1-A del Motomco, específica para ese tipo de arroz. En ambos casos las estimaciones de humedad en muestras de arroz seco fueron más precisas que las hechas en muestras de arroz húmedo.

La tabla RR-1-A fue emitida el año 1974 y la tabla RR-1 en 1986, en sustitución de la anterior. En la actualidad (1991), la Oficina del Arroz, organismo estatal que regula las relaciones entre productores y beneficiadores exige la utilización de la tabla RR-1. Sin embargo, la exactitud de esta nueva tabla ha sido evaluada en el país.

El empleo de esta tabla puede conducir a determinaciones erróneas del contenido de humedad en arroz, entre cuyas consecuencias se pueden mencionar: otorgar a un lote un valor equivocado, problemas en el control de inventarios, secamiento excesivo que implica un costo adicional de secado y una disminución innecesaria en el

1/ Recibido para publicación 11 de febrero de 1992.
* Centro para Investigaciones en Granos y Semillas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Ambos autores son beneficiarios del Programa Financiero de Apoyo a Investigadores Científicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.

peso del lote y secamiento incompleto, que puede favorecer el deterioro de los granos durante el almacenamiento (Alizaga, 1981).

En vista de lo anterior, se buscó una solución a los problemas de subestimación de la humedad del arroz utilizando el Motomco 919.

Este trabajo tuvo como objetivos comprobar la tendencia del Motomco 919 a subestimar la humedad de campo del arroz, seleccionar la tabla de conversión del Motomco 919 que mejor estime la humedad de arroz seco (11 a 14% de humedad en base húmeda) y desarrollar y evaluar un procedimiento alternativo para estimar con mayor exactitud la humedad de campo del arroz.

MATERIALES Y METODOS

Generalidades

Las muestras de arroz utilizadas en este experimento fueron facilitadas por la Arrocería Los Sauces, Heredia, Costa Rica. Muestras de aproximadamente 2,5 kg fueron preparadas por el laboratorio de calidad de la arrocería. Se obtuvieron por división de una muestra representativa tomada de cada camión. Las muestras se obtuvieron de lotes de arroz de los diferentes cultivares sembrados durante la cosecha 1989-1990 y provenientes de las principales zonas productoras del país. En orden de importancia, los cultivares sembrados durante ese período fueron: CR-5272 (39,97%); CR-1821 (27,05%); CR-201 (15,62%); CR-1113 (12,49%) y CR-1707 (4,87%) (Oficina Nacional de Semillas, 1990), todos arroces tipo largo. Las muestras fueron empacadas en bolsas de polietileno y selladas para evitar cambios de humedad durante su traslado al CIGRAS. En total se recibieron 65 muestras.

Manejo de las muestras

A su llegada al laboratorio, las muestras se dividieron en 2 partes iguales con un divisor de precisión Dean Gamet. Seguidamente, una submuestra de aproximadamente 1,25 kg se pasó por un limpiador de muestras (Dockage Tester) Carter-Day con el control de aire en la graduación máxima, las zarandas utilizadas fueron: #22 (0,36 cm orificios circulares), #25 (0,24 X 1,27 cm orificios rectangulares) y #28 (0,15 X 1,27 cm orificios rectangulares).

Medición de humedad con el Motomco

La muestra limpia se dividió en 3 porciones de 200 g cada una, para estimar la humedad con el Motomco modelo 919. La lectura promedio se

transformó a porcentaje de humedad mediante las tablas RR-1-A y RR-1 del fabricante. Seguidamente, se obtuvo una porción de aproximadamente 120 g para determinar la humedad por el método del horno (método de referencia).

El remanente de la muestra limpia, luego de recuperar las 3 porciones de 200 g, fue analizado bajo el procedimiento alternativo, que se indica más adelante.

Método del horno

El método del horno utilizado fue el descrito por la American Association of Cereal Chemists (A.A.C.C., 1983). Las muestras de arroz con menos de 13% de humedad (b.h.), son sometidas a un procedimiento de un solo paso; primeramente el arroz se muele y luego las porciones de peso conocido son vertidas en platos metálicos y mantenidas durante 1 h en un horno con ventilación forzada a 130°C. Las muestras con más de 13% humedad son sometidas a un proceso de 2 etapas, la primera es un presecado (por triplicado) hasta llevarlas al nivel de humedad de 13% o menos. Por último, se realiza la etapa al horno antes descrita (por triplicado).

Procedimiento alternativo

El procedimiento alternativo consiste en someter muestras de arroz limpio de peso conocido (aprox. 1 kg) a un período de presecado hasta que alcancen una humedad cercana a 13%. En este experimento las muestras fueron expuestas al ambiente a 25±2°C y 50±5% H.R., sobre bandejas de madera de 35 X 90 X 3 cm. Al finalizar este secamiento, se pesaron de nuevo las muestras para calcular la pérdida de agua. Inmediatamente se estimó la humedad de cada muestra con el Motomco y se tomaron las submuestras necesarias para la determinación de humedad por el método del horno.

El peso del agua contenida en la muestra seca y limpia se calcula partiendo del dato de humedad estimado con el Motomco, a éste se le suma el peso perdido por la muestra durante el presecado. El resultado indica el estimado del total de agua contenida en la muestra original, el cual se expresa como porcentaje del peso inicial de la muestra. La siguiente fórmula se utiliza para estos cálculos:

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

donde: P_i = peso inicial de la muestra limpia y húmeda

P_f = peso final de la muestra limpia y seca

%H = porcentaje de humedad de la muestra limpia y seca, según el Motomco 919.

Las humedades iniciales o de campo así obtenidas fueron comparadas con las estimadas directamente con el Motomco y con las determinadas por el método del horno.

RESULTADOS Y DISCUSION

Estimación de la humedad de campo

Las humedades de campo de 49 muestras de arroz fueron estimadas con el Motomco y la tabla de conversión RR-1-A del fabricante (Figura 1A). En un 92% de los casos estos estimados fueron menores que las humedades determinadas por el método del horno y la subestimación promedio fue de 1,31% de humedad. Se confirma así lo informado por Alizaga (1981) y por Soto (1990) en el sentido de que esta tabla tiende a subestimar el contenido de humedad en el arroz producido en Costa Rica. Esta subestimación fue mayor cuanto mayor fue la humedad del arroz según se puede apreciar en la misma figura.

Una situación similar se presentó con la tabla RR-1 (Figura 1B), que es la tabla vigente, pues en un 94% de los casos se obtuvo estimados menores que las humedades con el horno y la subestimación promedio fue de 1,35% de humedad. Contrariamente, con esta tabla la tendencia a la subestimación disminuyó ligeramente en la parte superior del ámbito de humedades estudiado, pero aumentó en la parte inferior del mismo.

Los resultados anteriores confirman la necesidad de una tabla de calibración adaptada al tipo de arroz producido en Costa Rica, ya que las tablas provistas por el fabricante, no dan resultados satisfactorios. Al respecto, Mackay (1967), Haward y Pixton (1974) y Soto (1990), mencionan que puede ser necesario elaborar tablas de conversión apropiadas para cada situación, debido a que factores como el cultivar y las condiciones agroclimáticas en donde se produce el grano tienen efecto sobre las lecturas de los medidores. Asimismo, Christensen, Miller y Johnston (1982) indican que en un año el maíz producido en diferentes regiones puede dar lecturas de capacitancia diferentes y que un mismo tipo de grano puede tener propiedades eléctricas diferentes año con año.

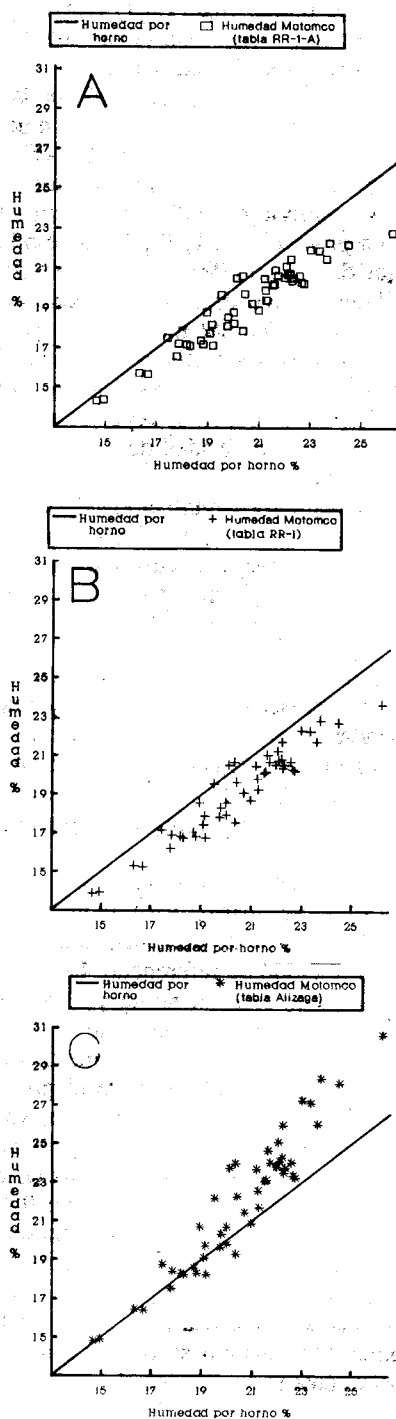


Fig. 1. Humedades de campo de 49 lotes de arroz, determinadas con el horno y con las tablas de conversión del Motomco RR-1-A (A) y RR-1 (B), y la tabla de Alizaga (C).

El trabajo de Alizaga (1981) representó un primer esfuerzo por desarrollar tablas adaptadas a los granos nacionales. De éstas, la de arroz se utilizó en este experimento y se observó que la estimación de la humedad fue aceptable en muestras hasta con 21% de humedad (Figura 1C). Sin embargo, en muestras con mayor contenido de humedad, se obtuvieron sobrestimaciones muy altas, con un promedio de 1,39 puntos de porcentaje de humedad. Soto (1990) observó resultados similares, pues obtuvo datos de humedad con el horno menores que los obtenidos con la tabla de Alizaga. Cambios en los cultivares en uso podrían explicar lo anterior, ya que los trabajos fueron hechos con casi una década de separación, lo cual indica claramente la necesidad de un estudio permanente de esta situación.

De los resultados analizados hasta ahora, cabe concluir que no se dispone aún de una tabla de conversión para estimar satisfactoriamente la humedad del arroz producido actualmente en Costa Rica utilizando el Motomco 919.

Estimación de la humedad en arroz seco

Una vez presecadas, a las 65 muestras de arroz utilizadas en el experimento, se les determinó la humedad por el método del horno. Se estimó la misma con el Motomco y las tablas de conversión RR-1-A, RR-1 y la tabla propuesta por Alizaga en 1981 (Figura 2).

Las humedades estimadas con la tabla RR-1-A (Figura 2A) se distribuyeron uniformemente alrededor de los datos de humedad determinados con el horno (método de referencia). El promedio de las desviaciones entre el horno y el Motomco fue -0,02 y la desviación estándar fue de 0,42. Un error promedio tan pequeño en 65 muestras es un indicador de la gran similitud entre el promedio de las estimaciones y el promedio de los valores reales de humedad, lo que indica una gran exactitud por parte del Motomco en muestras de arroz seco. Por otra parte, una precisión de 0,42 es comúnmente aceptada como satisfactoria en aparatos de medición rápida como el Motomco 919. Sin embargo, Martens y Hlynka (1965) indican que en Canadá se exige una precisión de $\pm 0,2\%$ del Motomco 919 cuando se trabaja con granos como trigo y centeno.

Los estimados de humedad en arroz seco con la tabla RR-1 del Motomco (Figura 2B) mostraron una tendencia a la subestimación. En el rango de humedades bajas, esta subestimación fue 0,43 puntos de porcentaje de humedad en promedio.

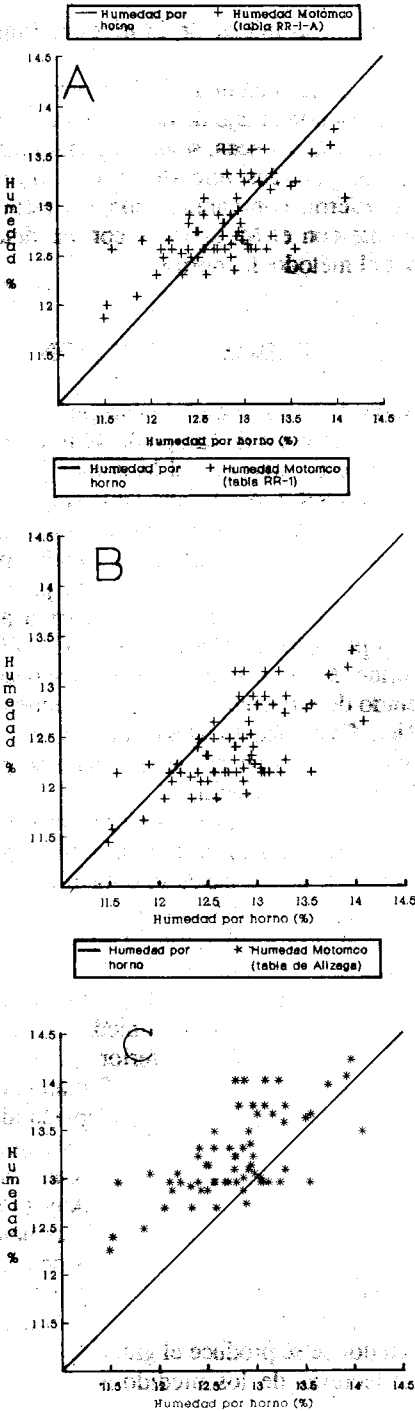


Fig. 2. Dispersión de los valores de humedad de arroz presecado estimados con las tablas de conversión RR-1-A (A) y RR-1 (B), y la tabla propuesta por Alizaga (C), con respecto a las humedades obtenidas por el método del horno.

Los estimados obtenidos con la tabla de Alizaga (Figura 2C) por el contrario mostraron una tendencia a la sobrestimación, en este caso 0,37 puntos de porcentaje de humedad en promedio.

Solamente con la tabla RR-1-A se obtuvieron errores en los estimados que se distribuyeron al azar y alrededor de los valores de referencia determinados con el horno, lo cual es muy deseable en equipos utilizados para la estimación de propiedades en materiales.

Procedimiento alternativo

En la Figura 3 se puede observar que el procedimiento alternativo corrigió efectivamente los errores de subestimación y sobrestimación. Con el procedimiento usual la tabla RR-1-A indicó valores 1,31 puntos de humedad menores en promedio, mientras que con el empleo del procedimiento alternativo (Figura 3A), se pasó a una subestimación promedio de solamente 0,22%. Por otro lado, con la tabla de Alizaga se pasó de una sobrestimación promedio de 1,39 puntos, a una de solamente 0,12 puntos (Figura 3B), lo que indica que se logró una efectiva corrección de su tendencia a sobrestimar las humedades. Cabe resaltar la corrección realizada a las muestras con una humedades superiores de 21%.

Finalmente, al seguir el procedimiento usual con la tabla RR-1 se obtuvo una subestimación promedio de 1,35%, la que se redujo a una subestimación de 0,63%, que fue la mayor desviación entre las 3 tablas de conversión evaluadas bajo el procedimiento alternativo.

En la Figura 4 se aprecia claramente la corrección lograda en la estimación de la humedad de campo cuando se aplicó el procedimiento alternativo con la tabla de conversión RR-1-A o la tabla de Alizaga. Ante la disyuntiva de cuál tabla seleccionar para aplicar el procedimiento alternativo, se escogió la tabla RR-1-A, principalmente porque la dispersión de las humedades de arroz presecado estimadas con respecto a las humedades determinadas con el horno, fue más uniforme que al usar las otras 2 tablas (Figura 2). Así mismo, aunque ambas tablas dieron resultados satisfactorios, con la de Alizaga se obtuvo un alto porcentaje de muestras (22%) con sobrestimaciones mayores de 0,5% de humedad, en comparación con las sobrestimaciones de igual magnitud obtenidas con la tabla RR-1-A (2% solamente).

Un aspecto importante de los datos de humedad inicial o de campo obtenidos con el

procedimiento alternativo, es que se distribuyeron uniformemente con respecto a los datos de referencia determinados con el horno (Figura 3) a lo largo del ámbito de humedades estudiado. Esto contrasta con lo observado al emplear el procedimiento usual (Figura 1), pues cuanto mayor fue la humedad del

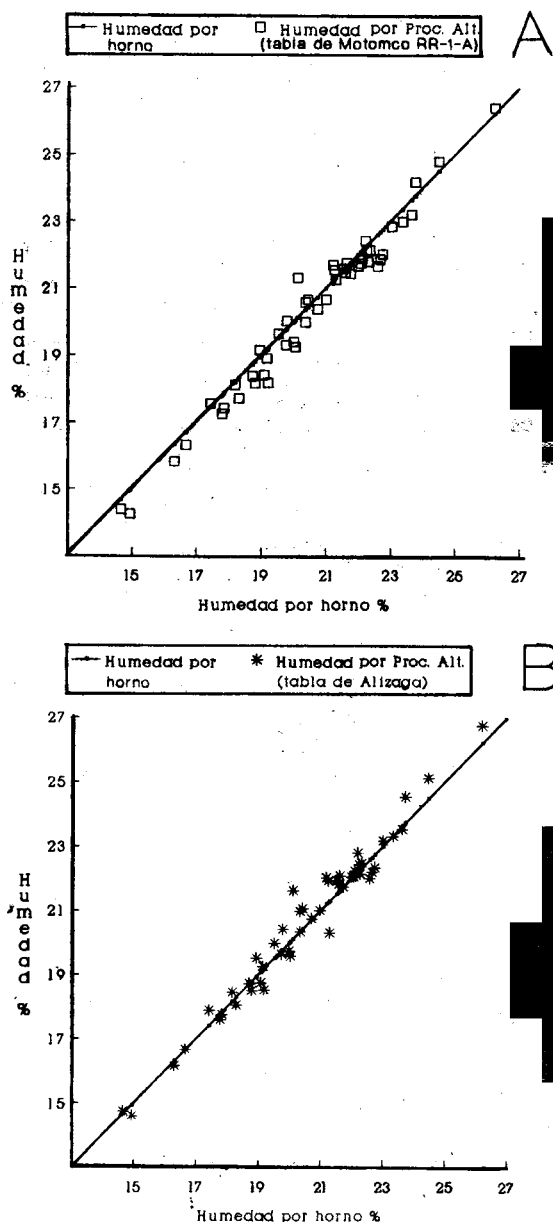


Fig. 3. Dispersión de las humedades estimadas con la tabla RR-1-A (A) y la tabla de Alizaga (B) siguiendo el procedimiento alternativo, con respecto a las humedades obtenidas por el método horno.

arroz, mayor fue la subestimación o la sobrestimación obtenida con las tablas del Motomco o de Alizaga, respectivamente. Por ejemplo, con la tabla RR-1-A, muestras de arroz con humedades entre 19,0 y 20,9%, entre 21 y 22,0% o con más de 23%, dieron subestimaciones promedio de 1,19, 1,51 y 2,02 puntos de porcentaje de humedad, respectivamente. Para iguales rangos de humedad, las subestimaciones con la tabla RR-1 fueron 1,35, 1,45 y 1,49 puntos, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los informados por Mackay (1967) y por Alizaga (1981), quienes mencionan que la estimación de humedad con los medidores eléctricos se torna menos confiable conforme aumenta el contenido de humedad del grano. Por el contrario, con el procedimiento alternativo y usando la tabla RR-1-A las subestimaciones en los rangos de humedad antes mencionados, fueron 0,20, 0,21 y 0,01% de humedad. Por lo tanto, con el procedimiento alternativo no sólo disminuyeron considerablemente los errores de estimación, sino que los mismos fueron independientes del nivel de humedad del arroz.

En conclusión, el procedimiento alternativo disminuye efectivamente los errores de estimación y de precisión asociados con las labores de medición de humedad con el Motomco en muestras de arroz nacional con alta humedad. Queda dilucidar si hay diferencia o no en la respuesta de los diferentes cultivares sembrados en el país a la determinación de conductancia con el Motomco, una vez aclarado este punto se deberá elaborar las tablas de conversión necesarias.

Finalmente, cabe destacar que el procedimiento alternativo podría utilizarse en cualquier lugar con otros granos y semillas, para resolver problemas similares de inexactitud e imprecisión en métodos rápidos de medición de humedad.

RESUMEN

La tendencia del Motomco 919 a subestimar la humedad de arroz en cáscara producido en Costa Rica, ha sido demostrada previamente. Ante la ausencia de una tabla de calibración para uso local, se buscó un procedimiento alternativo que permitiera corregir esa inexactitud. El procedimiento ideado utiliza el mismo aparato Motomco, pero limita su uso a aquel ámbito de humedades en el cual se ha demostrado que su exactitud y precisión son las mejores, esto se da con muestras con humedades cercanas al 13% en base húmeda.

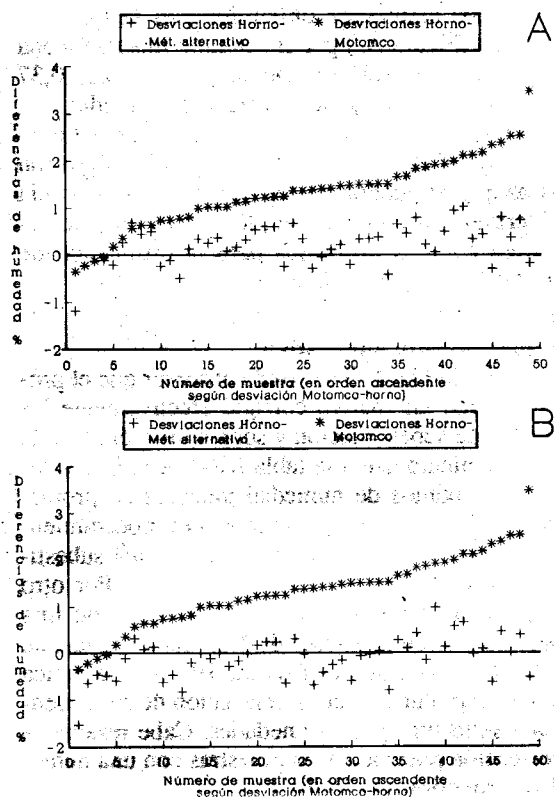


Fig. 4. Desviación entre la humedad de arroz obtenida con el horno y la respectiva humedad estimada con el Motomco 919 (tabla RR-1-A (A) y tabla propuesta por Alizaga (B), empleando el procedimiento usual (*) o el método alternativo (+).

Una muestra de arroz limpia y de peso conocido con humedad de campo, es presecada y se le determina su peso seco. Luego, se le determina la humedad con el Motomco 919 y la tabla de conversión RR-1-A. El dato de humedad de campo (o humedad inicial) se calcula aplicando una fórmula sencilla. Con este procedimiento se logró disminuir sustancialmente los problemas de subestimación. También se comprobó que la precisión del procedimiento alternativo es independiente del nivel de humedad inicial de las muestras.

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, Escuela de Fitotecnia. 42 p.

- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (A.A.C.C.). 1983. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minn., p. irr.
- CHRISTENSEN, C.M.; MILLER, B.S.; JOHNSTON, J.A. 1982. Moisture and its measurement. *In* Storage of Cereal Grains and Their Products. Ed by C.M. Christensen. 3 ed. St. Paul, Minn. American Association of Cereal Chemists. p 49.
- HAWARD, W.; PIXTON, S.W. 1974. Moisture Its significance, behavior and measurement. *In* Storage of Cereal Grains and Their Products. Ed by J. A. Christensen. 2 ed. St. Paul, Minn. American Association of Cereal Chemists.
- MACKAY, P.J. 1967. Theory of moisture of stored produce. Tropical Stored Products Information (G. B.) 13:9-14.
- MARTENS, V.; HLYNKA, I. 1965. Determination of moisture in Canadian Grain by electric moisture meter. *In* Principles and methods of measuring moisture in liquids and solids. Ed. by Paul N. Winn Jr. New York, EE.UU. Reinhold Publishing Corporation. p. 125-133.
- OFICINA NACIONAL DE SEMILLAS. 1990. Memoria 1989. San José, Costa Rica. 142p.
- 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, Escuela de fitotecnía. 61p.