

RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA MEDIR FRUTOS DE TARA EN SACOS CON UN MEDIDOR PORTÁTIL TIPO RESISTIVO



La Tara es un árbol nativo, que se encuentra en su gran mayoría en forma silvestre en muchas regiones de nuestro país. La medición y control del contenido de humedad en frutos de Tara es de gran importancia para evaluar la calidad de este producto. Uno de los problemas importantes en la cadena de valor de la comercialización de la Tara es la falta de un instrumento adecuado para la determinación del contenido de humedad, generando pérdidas o ganancias al momento de su venta. Los frutos de Tara enteros y maduros son comercializados en sacos de polipropileno (de capacidades de 30 kg, 50 kg, 70 kg y hasta 100 kg – Sin embargo, la NTP 011.200 menciona que el envasado o ensacado no contendrá más de 50 kg); y deben cumplir con un contenido de humedad máximo del 13 % [NTP 011.200].

En este documento se describe brevemente los resultados de un estudio previo de evaluación de un medidor comercial portátil tipo resistivo aplicado a la medición de contenido de humedad en un saco de frutos de Tara, con el objetivo de brindar recomendaciones para realizar mediciones precisas y confiables. El estudio previo fue realizado en los laboratorios de metrología química de la Dirección de Metrología de INACAL, en el marco del proyecto PTB-INACAL “Fortalecimiento de la infraestructura nacional de calidad para apoyar la gestión de recursos naturales y el monitoreo de parámetros ambientales y climáticos”.

Dirección de METROLOGÍA



OBJETIVO

Describir brevemente la evaluación del medidor comercial portátil tipo resistivo aplicado a la medición de contenido de humedad en un saco de frutos de Tara, con el objetivo de brindar recomendaciones para realizar mediciones precisas (a partir de una evaluación de la variabilidad) y confiables (a partir de una evaluación del sesgo). Se detalla inicialmente las características del equipo evaluado, condiciones experimentales de la muestra y resumen de resultados obtenidos en un estudio previo. Finalmente se brindan las recomendaciones para la medición de contenido de humedad en un saco de muestra.

CARACTERÍSTICAS DEL DISPOSITIVO DE MEDICIÓN UTILIZADO PARA EL ESTUDIO PREVIO

Los dispositivos comerciales portátiles para medir el contenido de humedad de una muestra miden en su gran mayoría la humedad en granos de cereales y semillas oleaginosas; y se basan en distintos principios físicos de operación (resistivos, capacitivos, microondas y espectroscopia infrarroja). Mayormente las lecturas del contenido de humedad de estos instrumentos se basan en tablas o curvas de calibración generadas por comparación contra métodos primarios (método absoluto de contenido de humedad).



Figura 1. Medidor portátil de contenido de humedad en granos basado en el principio de resistencia eléctrica, con compensación automática de temperatura.

El tipo de medidor portátil que fue seleccionado para el estudio previo (ver Figura 1), viene siendo utilizado en campo por algunos acopiadores de Tara. Es de tipo resistivo y puede medir 25 tipos de granos entre cereales y leguminosas, cada uno de ellos codificado bajo una función correspondiente al tipo grano a medir. Como no

hay una función que sea específica para los frutos de Tara, se seleccionaron funciones de granos que pertenecen a la familia de las leguminosas, con el fin de comparar sus resultados al medir el contenido de humedad de los frutos de Tara. Para el estudio previo se seleccionaron cuatro funciones de granos pertenecientes a la familia de las leguminosas (legumbres): Cd03 – Habas de soja, Cd09 – Guisantes, Cd18 – lentejas y Cd25 – Frijoles de invierno.

Se estudiaron en total 3 dispositivos comerciales portátiles de iguales características de diseño y forma de la figura 1 (cada uno de los dispositivos fueron de diferentes marcas y número de serie). Se evaluó la variabilidad y sesgo de dichos dispositivos comerciales portátiles, con respecto a una misma muestra de frutos de tara, en las cuatro funciones de granos mencionado anteriormente.

La OIML R59 [1] establece Errores Máximos Permitidos (EMPs) para los medidores comerciales que miden el Contenido de Humedad en la verificación y/o inspección en campo, específicamente para los granos de cereales y semillas oleaginosas. Para las cuatro funciones de granos seleccionados (granos de legumbres), el Error Máximo Permissible del medidor portátil estudiado es de 0,8 % de Contenido de Humedad (para un rango hasta un valor de 16 % de Contenido de Humedad del grano de legumbre).

CONDICIONES EXPERIMENTALES DE LA MUESTRA DE FRUTOS DE TARA DURANTE EL ESTUDIO PREVIO

Durante el estudio previo se tuvieron en cuenta ciertas condiciones experimentales de la muestra con el fin de reflejar las condiciones de medición en campo. Por lo tanto, para determinar la variabilidad y sesgo, se realizaron mediciones para condiciones de temperatura entre $22\text{ °C} \pm 10\text{ °C}$, con una muestra que fue compactada hasta valores de densidad en el rango de $300\text{ kg/m}^3 \pm 50\text{ kg/m}^3$ y para impurezas de la muestra entre 0 % a 60 %. Es conveniente que tanto el medidor portátil de tipo resistivo como la muestra estén acondicionados a la misma temperatura (alrededor de 20 °C), antes de tomar una lectura del contenido de humedad de la muestra. Mientras más compactada se encuentre la muestra, mejor será el contacto de los electrodos del medidor portátil con dicha muestra, y por ende habrá una mejor lectura del contenido de humedad. Las impurezas consideradas en este estudio fueron los frutos de Tara verdes, negros y dañados (Según la NTP 011.200 [2], los requisitos físicos mínimos de los frutos de Tara para su comercialización no deben exceder en impurezas de frutos verdes y materiales extraños, en 0,25 % del total de la muestra). En general, las muestras de frutos de Tara maduros,

enteros e íntegros, que tengan las mismas características físicas de forma y color, contribuirán a una menor variabilidad en la medición resultante del contenido de humedad.

RESUMEN DE RESULTADOS DEL ESTUDIO PREVIO

Luego de la evaluación de los principales factores de influencia en la variabilidad de la medición del contenido de humedad para los frutos de Tara, utilizando el medidor portátil de tipo resistivo (con dos electrodos metálicos), se encontró que la incertidumbre expandida relativa de la medición [3] va desde 1,8 % hasta el 6,1 % dependiendo de la función de granos seleccionados en el medidor portátil (habas de soja – Cd03, Guisantes – Cd09, Lentejas – Cd18 y Frijoles de invierno – Cd25). El valor más bajo de incertidumbre expandida relativa de la medición para los frutos de Tara se da para la función de granos de Lentejas (Cd18) y el valor más alto, corresponde a la función de Habas de soja (Cd03). Esto significa que hay menor variabilidad para la medición con la función de granos de Lentejas (Cd18) y mayor variabilidad para la medición con la función de Habas de soja (Cd03).

Por otro lado, para la evaluación del sesgo se utilizó el esquema mostrado en la Figura 2. La diferencia encontrada para cada función seleccionada en el instrumento (ver Figura 3) va desde -0,7 % a 2,6 % de Contenido de Humedad para Habas de soja y frijoles de invierno, respectivamente.

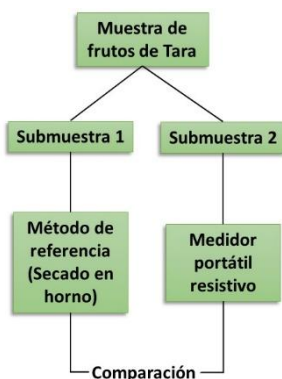


Figura 2. Esquema de comparación de un medidor portátil de contenido de humedad contra un método de referencia basado en gravimetría (evaluación de sesgo).

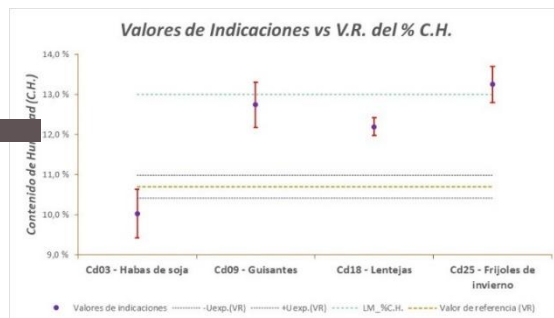


Figura 3. valores de indicaciones promediados de los cuatro tipos de funciones de granos de legumbres seleccionados en el medidor portátil en estudio (para la muestra de frutos de Tara), comparados con el valor de referencia obtenido por el método de referencia (o de estufa) y sus correspondientes incertidumbres expandidas.

Por lo tanto, la función de granos que mejores resultados obtuvo para los frutos de Tara, en cuanto a un menor sesgo (menor diferencia), comparado con el valor de referencia; es la función Cd03 – Habas de soja. Sin embargo, para esta función se tiene una mayor incertidumbre expandida de medición con relación a las otras funciones de granos seleccionados en este estudio.

El comportamiento de los valores de lecturas (en variabilidad y sesgo) de los 03 dispositivos comerciales estudiados, en una misma muestra de frutos de tara, dan los mismos resultados de contenido de humedad (son comparables entre sí).

A partir de un análisis estadístico (del poder de z-score) se obtuvo que, para la función Cd03 – Habas de soja, la cantidad mínima de réplicas, para valores de Contenido de Humedad entre 12,1 % a 13 % , debe ser 3 réplicas. En caso el valor de la primera réplica sea menor a 12,1 % de Contenido de Humedad; se puede considerar solo esta única medición para obtener un resultado final, siempre y cuando se hayan tenido en cuenta todas las recomendaciones generales dadas para el uso del dispositivo comercial portátil estudiado.

RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL USO DEL MEDIDOR PORTÁTIL TIPO RESISTIVO

A partir de los resultados del estudio previo, se brindan las siguientes recomendaciones para la medición de contenido de humedad en un saco de muestra:

- medir la muestra introduciendo completamente los electrodos del medidor portátil comercial, sobre los sacos que contiene a los frutos de Tara. De preferencia

- introducir los electrodos en la zona central o inferior del saco (donde exista mayor compactación).
- tener en cuenta que las muestras de frutos de Tara maduros, enteros e íntegros, que tengan las mismas características físicas de forma y color, contribuirán a una menor variabilidad en la medición resultante del contenido de humedad.
 - calibrar el medidor de humedad a intervalos regulares y utilizarlo en la función en la cual fue calibrado. **La indicación de la lectura debe ser corregida de acuerdo con los resultados de calibración obtenidos.**
 - tener en cuenta que mientras mayor sea el número de replicas realizadas, mejor será el estimado promedio que refleje el verdadero valor del contenido de humedad de la muestra. En general se recomienda realizar 3 réplicas con un instrumento calibrado. Solo en caso de que la primera réplica sea menor que 12 % , se puede dejar de realizar la segunda y tercera réplicas (siempre utilizando un instrumento calibrado)
 - tener en cuenta que mientras más cercana se encuentre la temperatura de medición a 20°C, será menor la variabilidad de las mediciones

Siendo la tara una legumbre, se debe tener en cuenta que, de acuerdo con la OIML R59, el Error Máximo Permisible para medidores de humedad en grano es de 0,8 % del Contenido de Humedad (para un rango hasta un valor de 16 % de Contenido de Humedad del grano de legumbre).

Nota: Es importante mencionar que la Dirección de Metrología del INACAL no representa, ni recomienda la marca y modelo mencionados en esta publicación. Así mismo tampoco sugiere que sea el único o el mejor instrumento para realizar este tipo de mediciones de contenido de humedad.

REFERENCIAS

- 1) OIML R59, Moisture meters for cereal grain and oilseeds, 2016.
- 2) Norma Técnica Peruana, NTP 011.200. TARA. Fruto de Tara. Pg.02 – 08.
- 3) ISO GUM, "Guide to expression of the uncertainty in Measurement". BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAP, IUPAC, OIML, 1995.
- 4) Evaluación de un medidor portátil de contenido de humedad aplicado a frutos de Tara, 2025