

Resumen presentación METROCOL 2021 – Andrés Bohórquez

Título de la presentación: METROLOGÍA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN GRANOS

Resumen: En esta presentación se expondrán algunos aspectos relevantes referentes a la metrología del contenido de humedad en granos. Se hace hincapié en la importancia de estas mediciones en el ámbito científico e industrial en pro del avance y desarrollo de la industria agrícola nacional; en este sentido, también se resalta la prevalencia de este tipo de mediciones en transacciones comerciales y conservación de productos alimenticios. De igual manera se presentan elementos teóricos y experimentales básicos que permitirán a la audiencia profundizar levemente en el formalismo matemático y fenomenología física que gobierna la magnitud. En adición se hace mención al método Gravimétrico como uno de los métodos más comunes y de mejor exactitud empleados en laboratorios de calibración. A continuación, se presentan algunos elementos de evaluación de la incertidumbre para, finalmente, formular conclusiones y perspectivas de esta importante magnitud en la sociedad colombiana.

METROLOGÍA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN GRANOS

Andrés Jhovanny Bohórquez Garzón
Laboratorio de Temperatura y Humedad
Subdirección de Metrología Física

Bogotá D.C. 2021

CONTENIDO

- ✓ Introducción
- ✓ Importancia de la medición del contenido de humedad en sólidos
- ✓ Aspectos teóricos y experimentales
- ✓ Marco normativo Nacional e Internacional
- ✓ Conclusiones y perspectivas

INTRODUCCIÓN

- ✓ Metrología para el desarrollo del agro en Colombia.
- ✓ Cadenas de valor fundamentales para el desarrollo (ColombiaMide).
- ✓ Ámbito Internacional.
- ✓ Proyectos y colaboraciones regionales.
- ✓ Regulación y estandarización de medidores.



<https://www.cafedwasi.com/tipos-molido-cafe/>



<https://www.metef.net/>

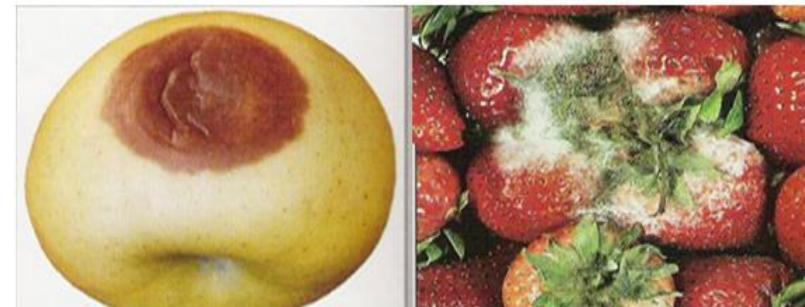


<https://handymantips.org/measure-wood-moisture-content/>

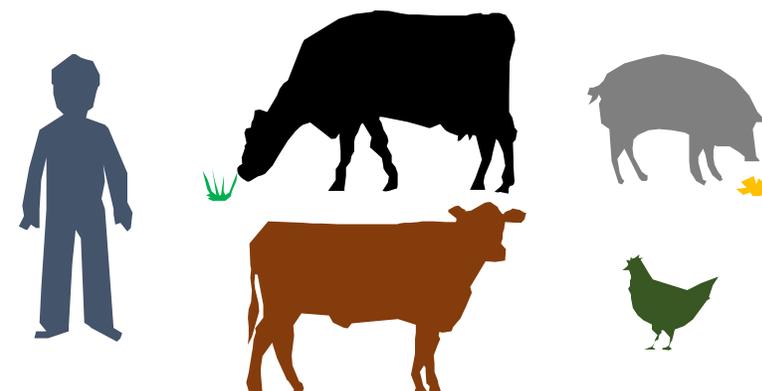
IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN SÓLIDOS

IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN SÓLIDOS

- ✓ La mayoría de los materiales sólidos presentes a nuestro alrededor contienen agua.
- ✓ Interacción agua-material en ocasiones puede tener efectos negativos.
- ✓ Granos cereales, legumbres, semillas oleaginosas.
- ✓ Almacenamiento de granos como etapa fundamental en una cadena de valor.
- ✓ Contenidos de humedad recomendados para distintos materiales y alimentos.
- ✓ Alimentación humana y animal



<https://plantophiles.com/plant-pests/what-is-eating-my-strawberries-2/>
<http://archive.bio.ed.ac.uk/jdeacon/microbes/applerot.htm>



Pérdidas por costo de secado

Penalización debido a exceso de contenido de humedad acordado

Cargo por secado del Maíz Precio por bushel: \$3.20 USD Contenido de Humedad acordado: 15% Cargo por secado: 4.0 centavos por cada 1% sobre 15 % Carga por camión: 547 bushel	H (medidor)/%	Diferencia respecto al valor acordado/%	Precio a descontar por libra/\$USD	Precio descontado por bushel/\$USD	Pérdida de carga por trailer (547 bushel)
		17	+2	0.08	3.12
	Pérdida por elevador por día (10 camiones)	Pérdida por elevador por año (266 días)	Pérdida de todos los elevadores por día (8937 elevadores)	Pérdida de todos los elevadores por año	
	\$437.60 USD	\$113 776.00 USD	\$3 910 831.20 USD	\$1 016 816 112.00 USD	

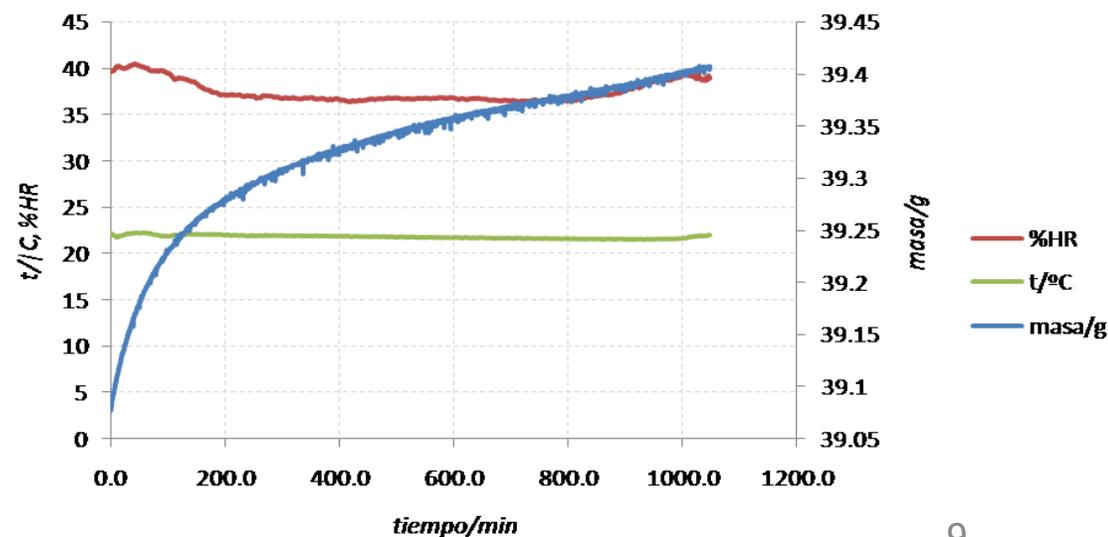
Fuente: NIST

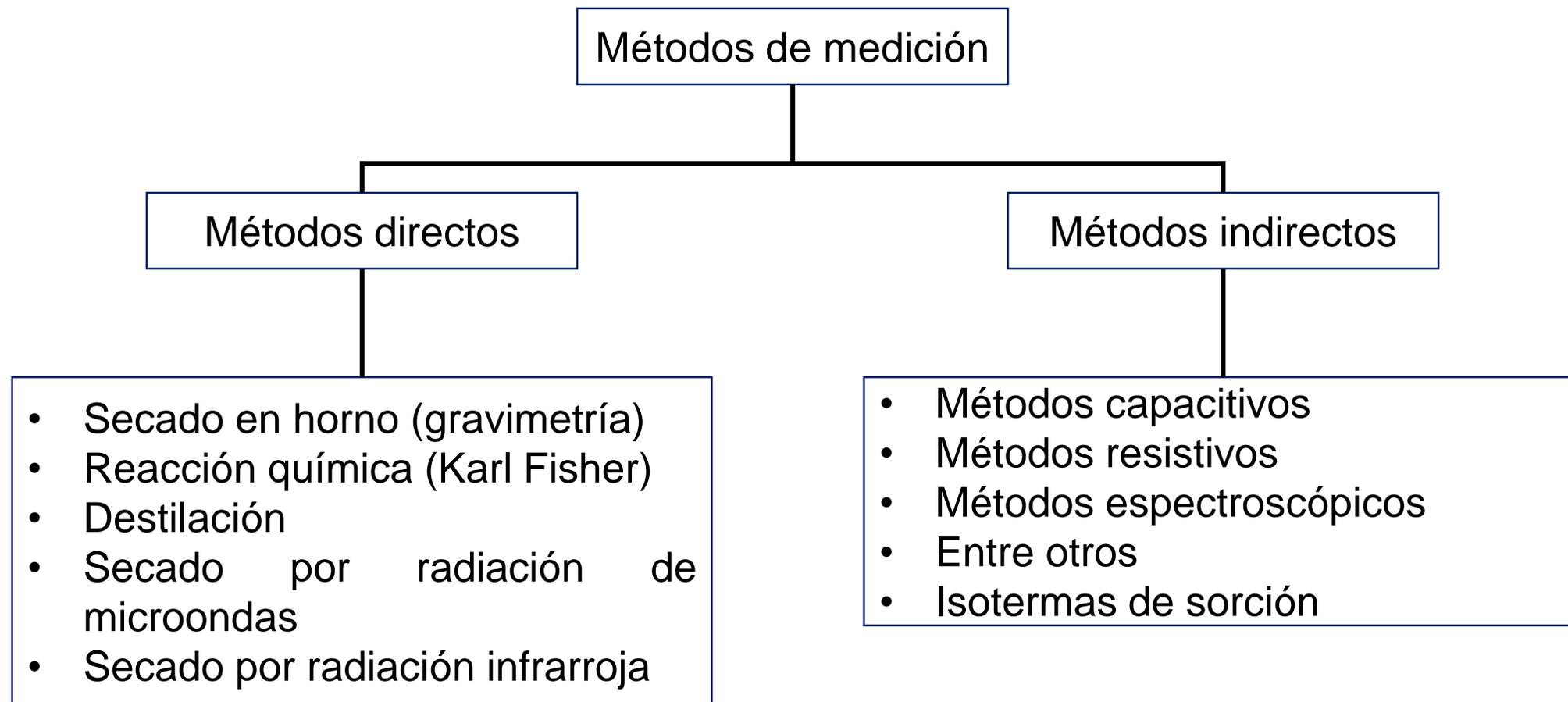
ASPECTOS TEÓRICOS Y EXPERIMENTALES

- ✓ Contenido de humedad en base húmeda y base seca.
- ✓ Procesos de secado y de humidificación.
- ✓ Propiedades de la molécula de agua
- ✓ Métodos de medición directos e indirectos de medición.
- ✓ Calibración de medidores de contenido de humedad.
- ✓ Trazabilidad de la medición.
- ✓ Evaluación de la Incertidumbre de Medición.

$$\% H_{bh} = \frac{m_h - m_s}{m_h} \bullet 100$$

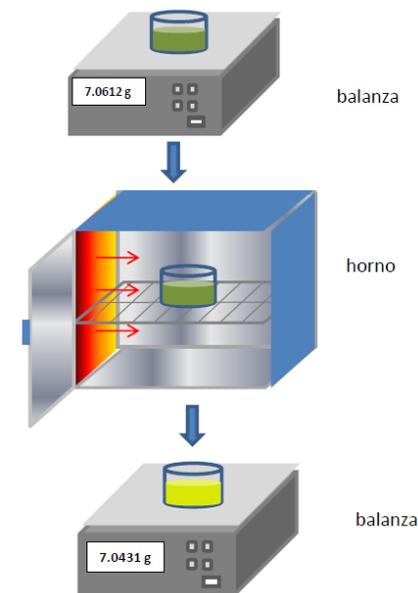
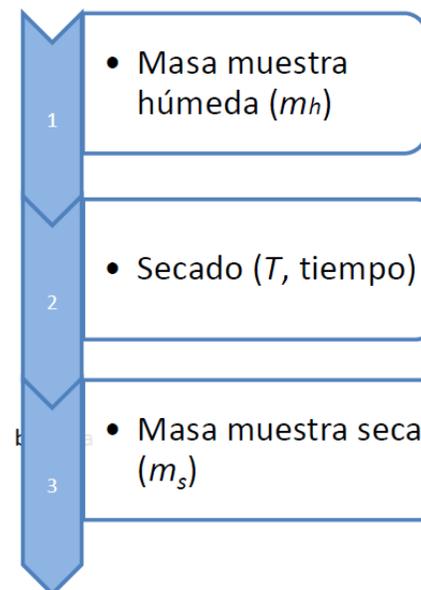
$$\% H_{bs} = \frac{m_h - m_s}{m_s} \bullet 100$$



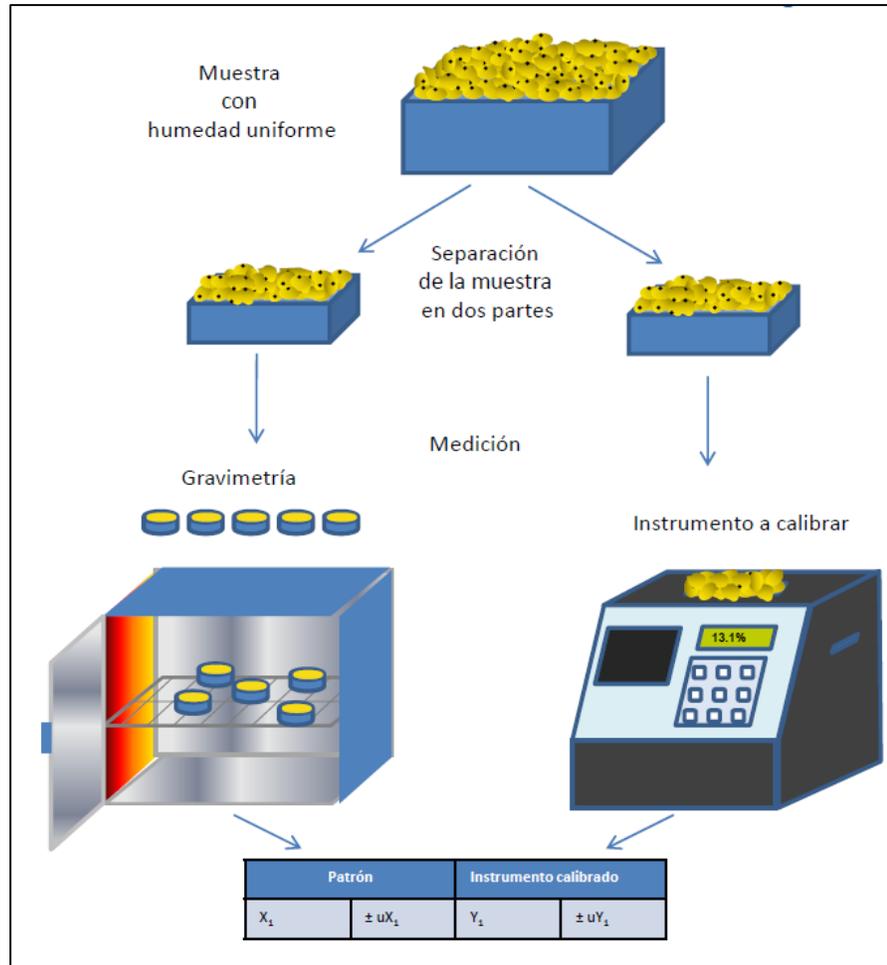


EL MÉTODO GRAVIMETRICO

- ✓ Método directo para la determinación del contenido de humedad.
- ✓ Transferencia de energía en forma de calor y transferencia de masa.
- ✓ Tiempos prolongados de medición.
- ✓ Factores de influencia.
- ✓ Condiciones de secado particulares para cada tipo de grano (103 °C, 1 – 5 horas).
- ✓ Incertidumbres del orden de 0.2 %



CALIBRACION POR COMPARACIÓN



EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

Tabla A 6: Ejemplo de presupuesto de incertidumbre de medición para determinación de las masas m'_s , m'_R y m'_h .

Fuente de incertidumbre	Incertidumbre	Factor	Incertidumbre estándar	Coefficiente de sensibilidad	Contribución
Estimación de Incertidumbre para m'_h					
Calibración de la balanza	0.001 g	2.00	0.0005 g	1	0.0005 g
Resolución de la balanza	0.0001 g	1.73	5.77E-05 g	1	5.77E-05 g
Excentricidad de la balanza	0.0004 g	1.73	0.0002 g	1	0.0002 g
Interacción con el ambiente	0.0006 g	1.73	0.00035 g	1	0.00035 g
Estimación de Incertidumbre para m'_R					
Calibración de la balanza	0.001 g	2.00	0.0005 g	1	0.0005 g
Resolución de la balanza	0.0001 g	1.73	5.77E-05 g	1	5.77E-05 g
Excentricidad de la balanza	0.0004 g	1.73	0.0002 g	1	0.0002 g
Estimación de Incertidumbre para m'_s					
Calibración de la balanza	0.001 g	2.00	0.0005 g	1	0.0005 g
Resolución de la balanza	0.0001 g	1.73	5.77E-05 g	1	5.77E-05 g
Excentricidad de la balanza	0.0004 g	1.73	0.0002 g	1	0.0002 g
Gradiente de temperatura	0.0005 g	1.73	0.0003 g	1	0.0003 g
Tamaño de partícula	0.011 g	1.73	0.006 g	1	0.006 g
Tamaño de masa	0.010 g	1.73	0.006 g	1	0.006 g
Tiempo de secado	0.008 g	1.73	0.0047 g	1	0.0047 g
Interacción con el ambiente	0.0057 g	1.73	0.0033 g	1	0.0033 g

Tabla A 7: Ejemplo de presupuesto de incertidumbre de medición para la determinación del contenido de humedad patrón.

Fuente de incertidumbre	Incertidumbre	Factor	Incertidumbre estándar	Coefficiente de sensibilidad	Contribución
Determinación de m'_h	0.0013 g	1.97	6.54.E-04 g	19.88 g ⁻¹	0.013 -
Determinación de m'_R	0.0011 g	1.97	5.54.E-04 g	17.61 g ⁻¹	0.010 -
Determinación de m'_s	0.0203 g	1.96	1.03.E-02 g	-19.88 g ⁻¹	-0.205 -

Tabla A 8: Ejemplo de presupuesto de incertidumbre de medición para la determinación de la corrección a la indicación del IBC.

Fuente de incertidumbre	Incertidumbre	Factor	Incertidumbre estándar	Coefficiente de sensibilidad	Contribución
Resolución del IBC	0.005 %	1.73	0.003 %	-1 %	- 0.003 %
Repetibilidad del IBC	0.01 %	3	0.003 %	-1 %	- 0.003 %
No homogeneidad de la muestra	0.04 %	1.73	0.023 %	-1 %	- 0.023 %
Impurezas	0.05 %	1.73	0.029 %	-1 %	- 0.029 %
Temperatura del grano	0.04 %	1.73	0.023 %	-1 %	- 0.023 %
Contenido de humedad patrón	0.404 %	1.96	0.206 %	1 %	0.206 %

MARCO NORMATIVO NACIONAL E INTERNACIONAL

ÁMBITO NACIONAL

- ✓ NTC 6375:2019: Cereales y productos cereales. Determinación del contenido de humedad
- ✓ NTC 2227:1986: Granos y Cereales. Maíz. Determinación del contenido de humedad - en granos enteros y en granos molidos (basada en la ISO 6540)
- ✓ NTC 6102:2015: Café verde. Procedimiento para la calibración de medidores de humedad. método de rutina
- ✓ NTC 1252:2021: Cacao en grano. Especificaciones y requisitos de calidad.
- ✓ NTC 572:2012: Azúcar. Métodos de ensayo para la determinación de humedad
- ✓ NTC 4418:1998: Especias y Condimentos. Determinación del contenido de humedad. método de arrastre.
- ✓ NTC 1663:2009: Carne y productos cárnicos. Métodos de determinación del contenido de humedad. Método de referencia y método de rutina.

ÁMBITO INTERNACIONAL

- ✓ ISO 6540:2021: Maize — Determination of moisture content (on milled grains and on whole grains)
- ✓ ISO 712:2009: Cereals and cereal products — Determination of moisture content — Reference method
- ✓ ISO 2451:2017: Cocoa beans — Specification and quality requirements
- ✓ International Recommendation OIML R 59: Moisture Meters for cereal grains and oilseeds – Part 1: Metrological and technical requirements
- ✓ OIML R 59 – Part 2: Metrological controls and performance tests
- ✓ OIML R 59 – Part 3: Test report format

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

- ✓ La metrología del contenido de humedad en muestras sólidas representa un área que debe ser más explorada a nivel de laboratorio en el país.
- ✓ Se debe avanzar hacia la regulación de medidores de contenido de humedad para garantizar la calidad de productos de exportación.
- ✓ Se debe continuar cerrando las brechas metrológicas existentes entre los laboratorios de calibración y el agro.
- ✓ Se deben consolidar las cadenas de valor de alimentos susceptibles a daños por contenido de humedad.
- ✓ El INM se encuentra comprometido con el desarrollo de esta magnitud en el país a través de alianzas estratégicas con partes interesadas en mejorar la infraestructura de la calidad.

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN!