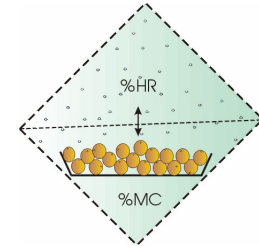


Establecimiento de un patrón secundario para la determinación de humedad en granos

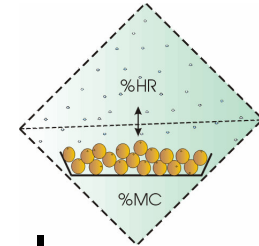
Enrique Martines López,
Centro Nacional de Metrología,
División de Termometría

Contenido



- Introducción
- Métodos de medición del contenido (MC) de humedad en sólidos
- Medición de MC a nivel internacional
- Medidor capacitivo de MC
- Caracterización
- Resultados
- Conclusiones

Introducción



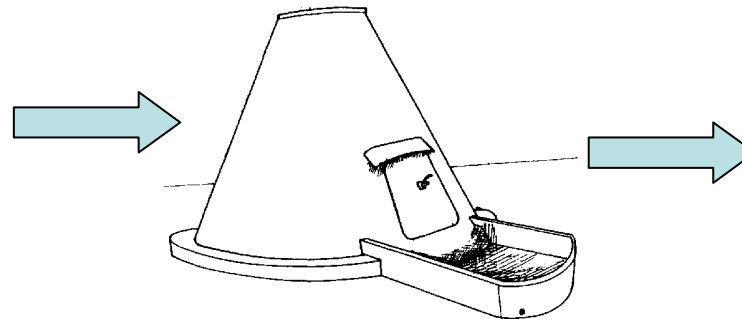
El contenido de humedad (MC) es la cantidad de agua contenida en granos, cereales y semillas.

La determinación del MC es importante ya que afecta a la calidad de estos materiales.

Cosecha



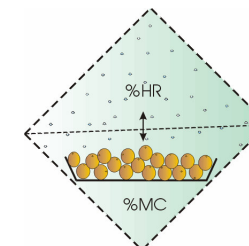
Almacén de granos



Comercialización



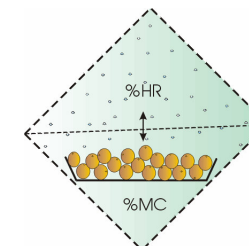
Las figuras fueron tomadas de la página de la FAO



Clasificación de maíz amarillo en EUA

Factores	No.1	No. 2	No.3	No.4	No.5 ^a
MC ^b (max)	14	15,5	17,5	20,0	23,0
Masa de la muestra (min. Lb)	56	54,0	52,0	49,0	46,0
Granos rotos(max.%)	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0
Daño por calentamiento (max.%)	0,1	0,2	0,5	1,0	3,0
Total dañado (max %)	3,0	5,0	7,0	10,0	15,0
Fuente: USDA (1988) ^a Quality below No.5 on any factor is labeled "sample grade" ^b excluded from standard since 1987.					

Especificaciones del maíz (Zea mays L.)



Parámetros	México1	México 2	México 3	México 4
Contenido de humedad (%MC)	14	14	14	14
Densidad (kg/hl) min.	72	71	70	66
Impurezas(%) max.	1	2	3	4
Daños por calor (%) max.	1	2	3	4
Granos quebrados(%) max.	2	3	5	7
Suma de daños(%) max.	3	5	7	10
Fuente: NMX-FF-034-1995-SCFI Los % se refieren exclusivamente a su relación con la masa				

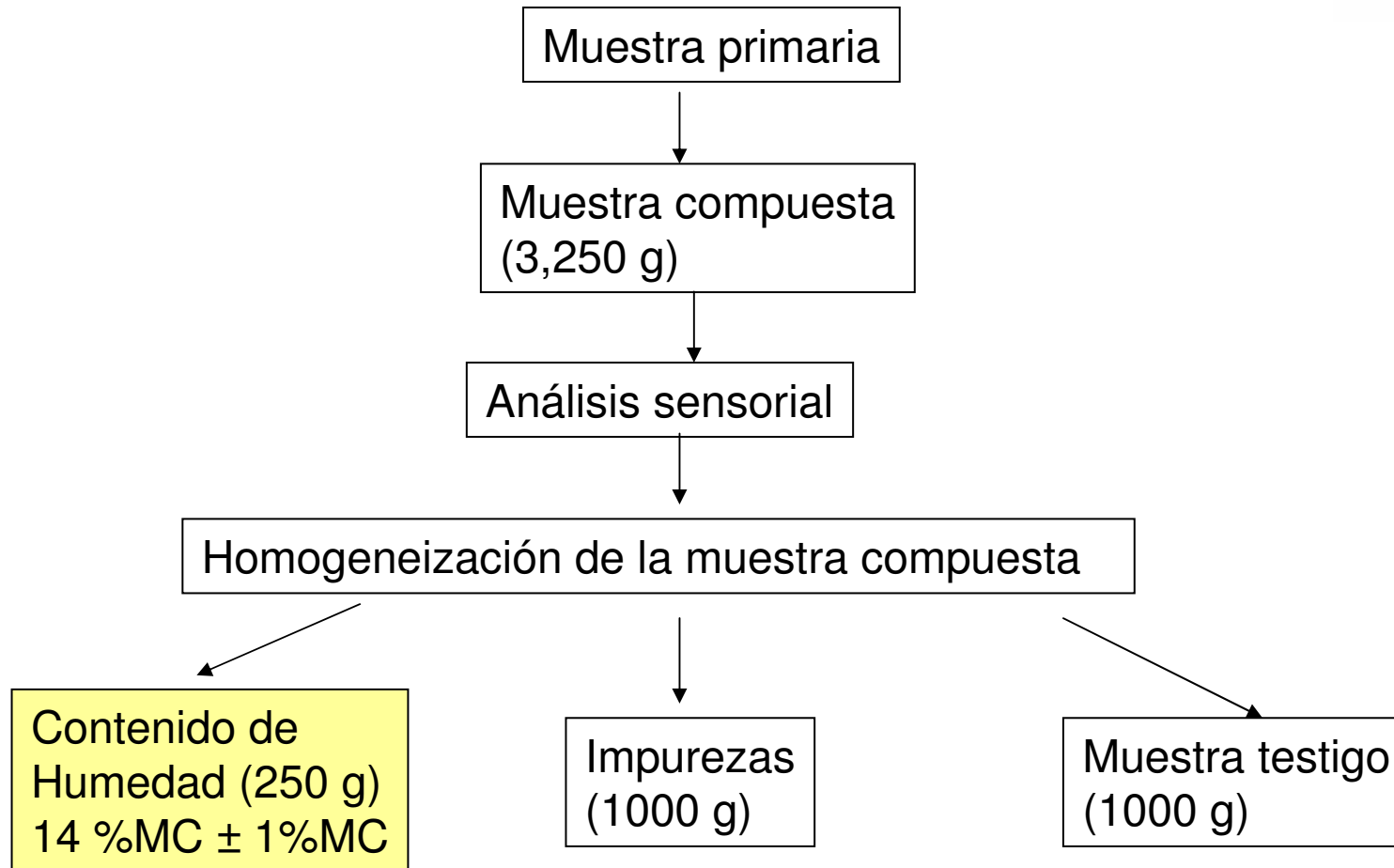
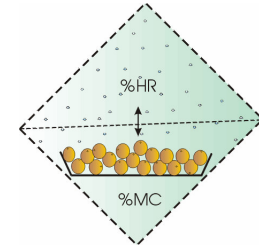
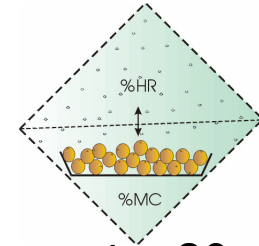


Diagrama de flujo para análisis de arroz pulido



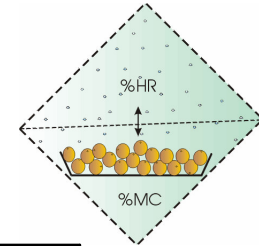
En México la producción anual de granos es de aproximadamente 30 millones de toneladas, mientras que el consumo supera ese valor, lo cual hace necesario importar algunos tipos de granos.

CULTIVO : MAÍZ				AÑO : 2006	
- EXISTENCIA INICIAL 1/				- CONSUMO	
TOTAL 1 647.2				TOTAL 19 423.2	
				HUMANO 2/ 11 414.2	
				PECUARIO 4 609.1	
				OTROS 3 399.9	
- PRODUCCIÓN POR CICLO AGRÍCOLA					
P-V	05/05	13 579.0	Cierre Preliminar de Cosechas, Marzo 2006. SIAP, SAGARPA.		
O-I	05/06	6 044.0	Avance de Siembras y Cosechas, Julio 2006. SIAP, SAGARPA.		
P-V	06/06	16 923.6	Programa de Siembras y Cosechas. SIAP, SAGARPA.		
- DISPONIBILIDAD MENSUAL DE LA PRODUCCIÓN					
MES		COSECHADA		COMERCIALIZABLE 3/	
TOTAL		21 593.3		13 473.0	
1/ Resultado de la balanza del 2005.					
2/ Al consumo humano 2005, se le aplicó la TMAC de población 2000-2006 (1.14%).					
3/ Volumen proporcionado por las delegaciones; se considera que el grano está disponible para consumo un mes después de su cosecha.					

Fuente: sagarpa, 2006

Debido a los grandes volúmenes que se comercializan en el país, es importante contar con un sistema de medición de contenido de humedad que dé trazabilidad a los equipos de usuarios y comercializadores de granos.

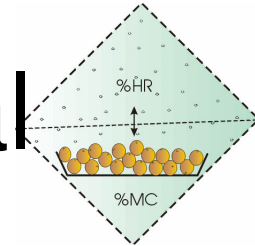
Métodos de medición de MC



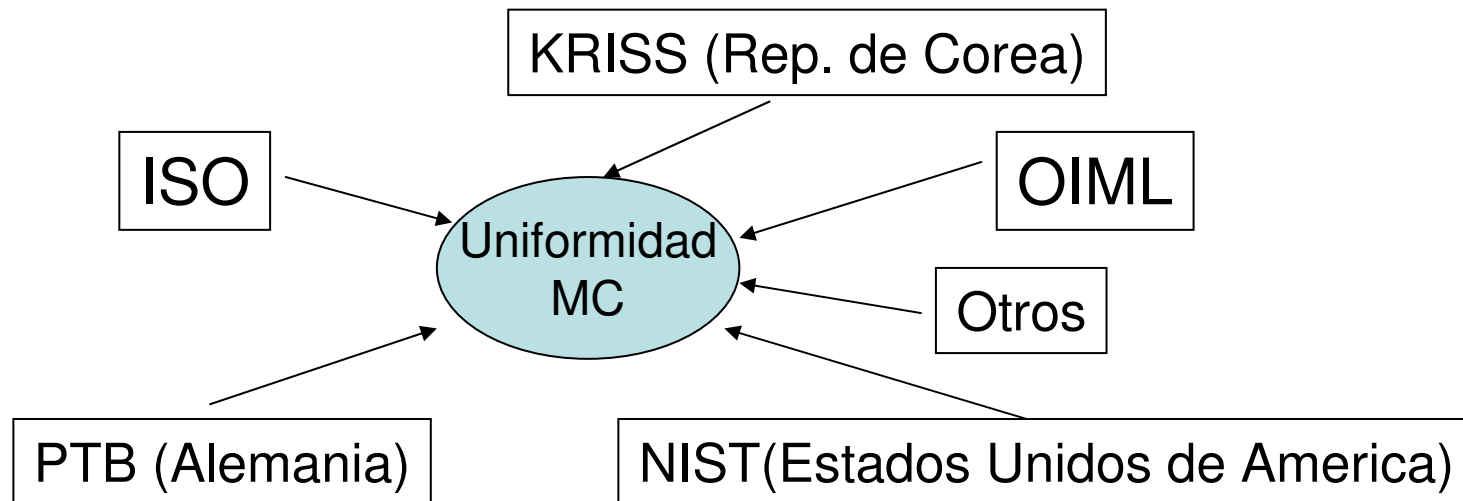
Método	Principio de operación
Gravimetría	Cambio de masa por secado
Microondas	Absorción de microondas
Resistividad	Cambio de resistencia eléctrica
Capacitancia	Cambio de la constante dieléctrica
Coulometría (Karl-Fisher)	Reacción química selectiva con el agua
Espectroscopia infrarroja	Absorción de radiación infrarroja

¿Cuál de los métodos existentes es el adecuado para realizar mediciones de contenido de humedad en granos?

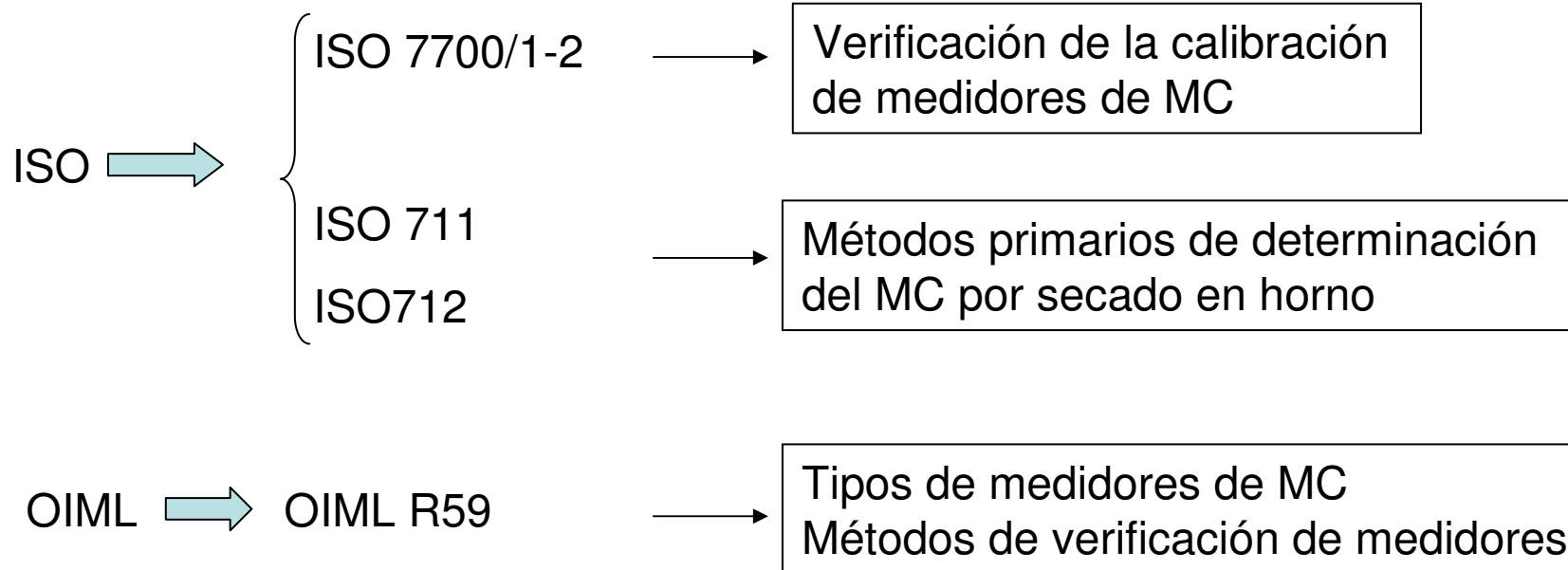
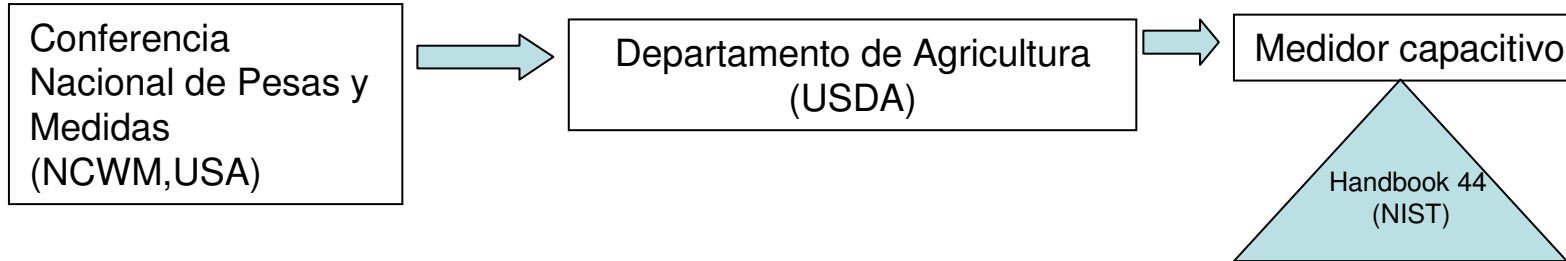
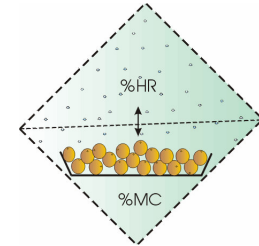
MC a nivel internacional



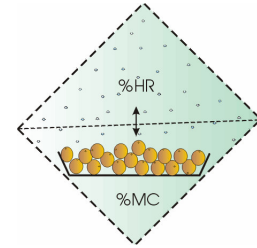
- **Falta de uniformidad entre los métodos o instrumentos existentes.**



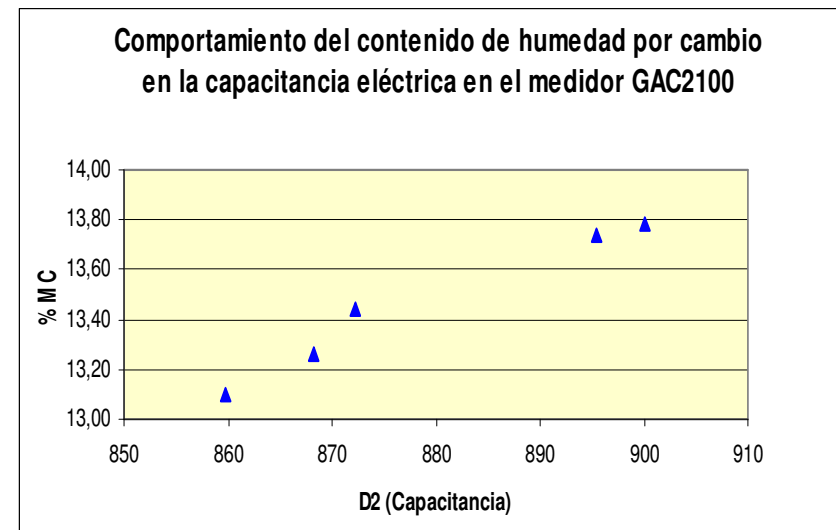
Medición de MC en granos a nivel internacional



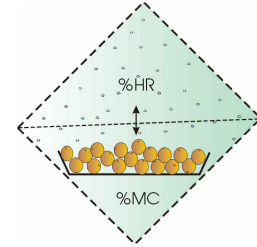
Patrón secundario para MC en granos



- Se basa en un equipo comercial
- Cumple con los requerimientos establecidos en el handbook 44 (NIST).
- De uso oficial en operaciones comerciales en los USA.



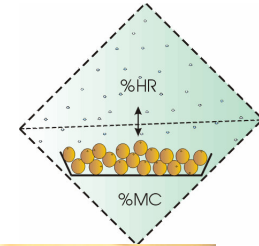
Evaluación



Evaluación del medidor

- Factores de influencia
 - Masa de la muestra
 - Impurezas de la muestra
 - Uniformidad de la muestra
 - Granos rotos (semitriturados)
- Comparación contra un método primario
(Secado en horno-Gravimetría)

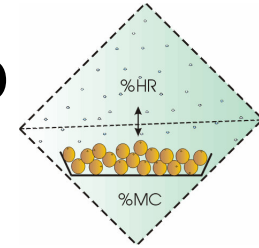
Factores de influencia



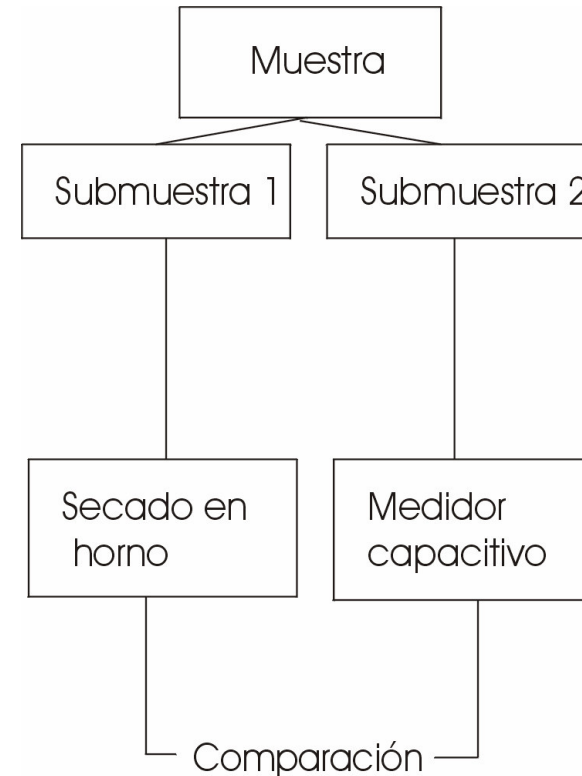
- Masa de la muestra (170 g a 250 g)
- Impurezas de la muestra (diferente tipo de granos)
- Uniformidad de la muestra (granos humectados)
- Granos rotos (semitriturados)

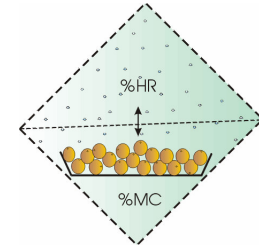


Comparación contra un método primario



Con el fin de estimar la tolerancia de los valores de contenido de humedad mostrados por el instrumento, es necesario realizar una comparación contra un método primario. En este caso la comparación se realizó contra el método gravimétrico.





Tolerancias

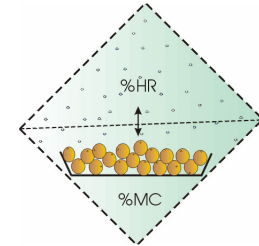
La OIML e ISO proponen una clasificación para medidores de humedad de acuerdo a las tolerancias de los medidores (clase I y II), las cuales dependen del tipo de granos usados (grupo I y II).

Medidor Clase I		
<i>%MC</i>	Grupo I	Grupo II
<10%	0,7% MC	0,8 %MC
>10%	0,4%MC +3/100(%MC)	0,4 %MC+4/100(%MC)
Medidor Clase II		
<i>%MC</i>	Grupo I	Grupo II
<10%	0,8 % MC	0,9 %MC
>10%	0,4%MC+4/100(%MC)	0,4%MC+5/100(%MC)

Grupo I: Cereales y semillas oleaginosas excepto maíz, arroz, sorgo y girasol.

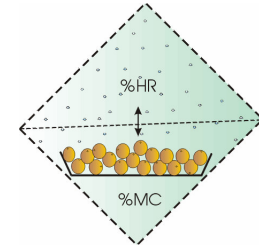
Grupo II: Maíz, arroz, sorgo y girasol.

Resultados



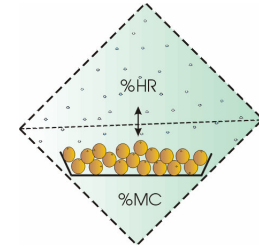
a) Masa de la muestra

Tipo de grano	%MC _{normal}	%MC _{masa reducida}
Maíz	12,98	12,82
Frijol negro	9,32	9,24
Arroz	12,00	12,22
Maíz palomero	11,94	12,02
Frijol pinto	9,14	9,10
Lentejas	10,18	10,20
Garbanzo	8,74	8,48

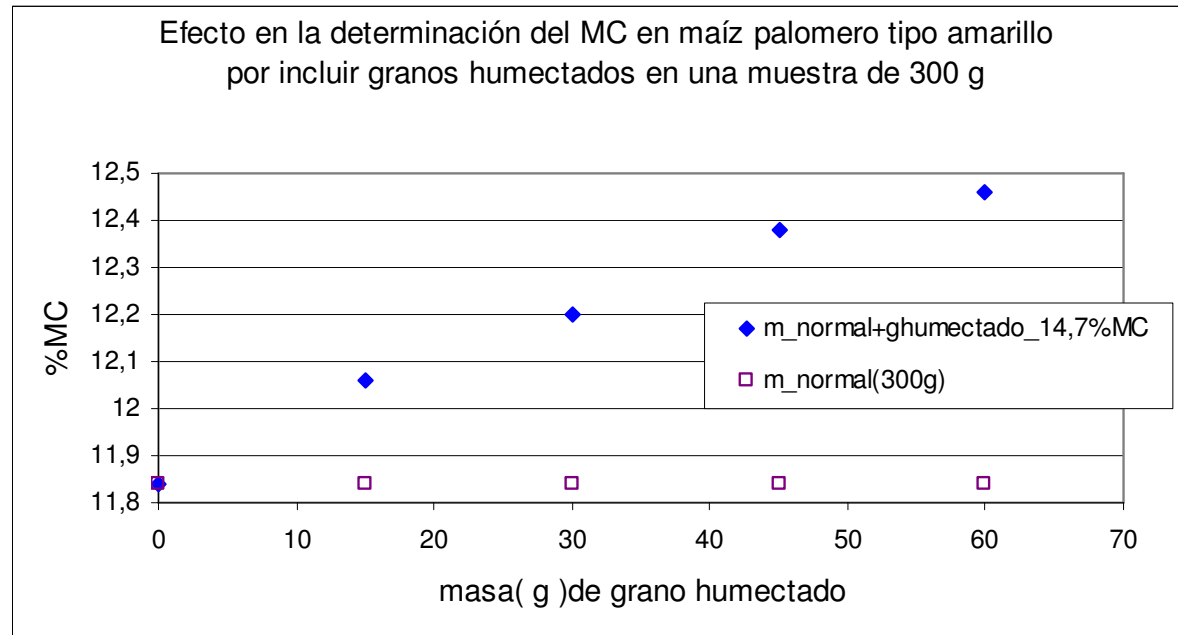


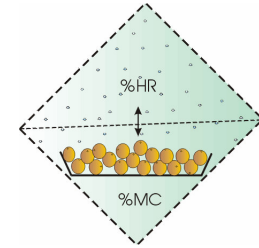
b) Impurezas de la muestra

Tipo de grano	%MC (muestra normal)	%MC (muestra con impurezas)
Maíz	13,02	13,36
Frijol negro	9,32	9,50
Arroz	12,00	11,54
Maíz palomero	10,32	10,38
Frijol pinto	9,14	9,16
Lentejas	10,18	10,16
Garbanzo	8,74	8,94

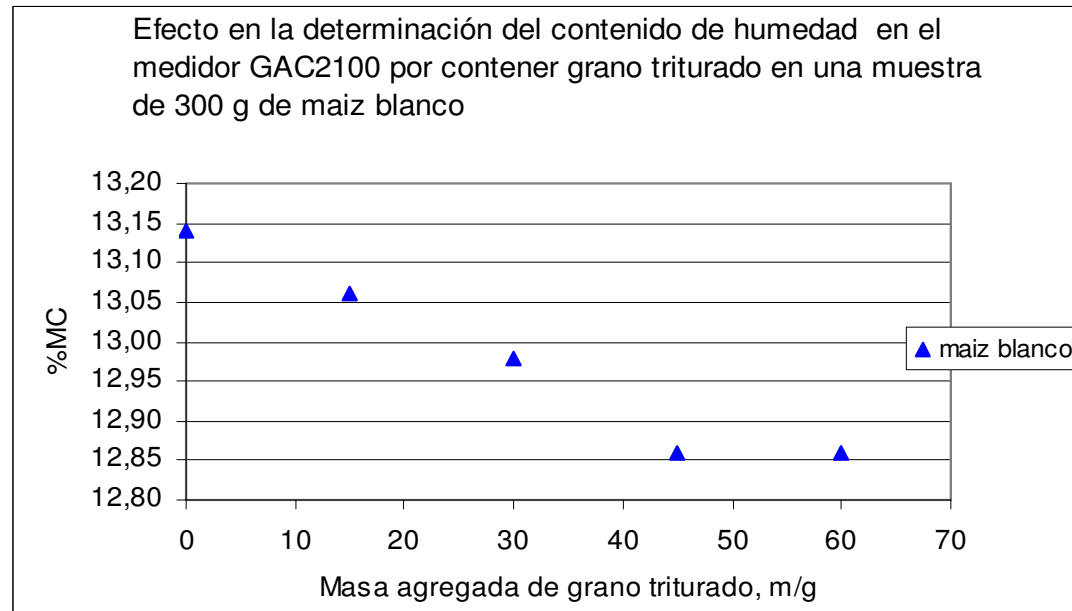


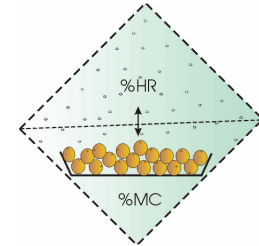
c) Uniformidad de la muestra





d) Granos rotos (semitriturados)





Incertidumbre

Se realizó el análisis para estimar la incertidumbre de los factores de influencia de acuerdo a la Guía para la expresión de incertidumbre.

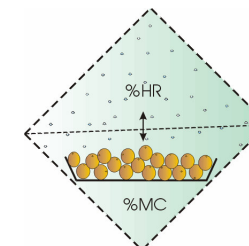
Grano	%MC	u_{rep}	u_{unif}	u_{imp}	$u_{grano\ triturado}$	$u_{masa_muestra}$
Maíz	13,0	0,14	0,08	0,14	0,05	0,11
Frijol negro	9,3	0,11	0,14	0,10	0,01	0,05
Arroz	12,0	0,13	0,07	0,27	--	0,13
Maíz palomero	11,9	0,10	0,06	0,04	0,05	0,05
Frijol pinto	9,1	0,10	0,49	0,06	0,02	0,09
Lentejas	10,2	0,09	0,24	0,05	--	0,00
Garbanzo	8,7	0,24	0,17	0,12	--	0,15

u_{rep} : incertidumbre por repetibilidad del instrumento

u_{unif} : incertidumbre por uniformidad de la muestra

u_{imp} : incertidumbre por impurezas en la muestra

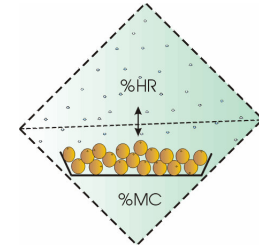
$u_{masa_muestra}$: incertidumbre debida al efecto de la masa de la muestra.



Comparación contra un método primario

Tipo de grano	Medidor capacitivo	Método de referencia	Diferencia	Tolerancia (OIMLR59)
	<i>%MC</i>	<i>%MC</i>	<i>%MC</i>	<i>%MC</i>
Maíz	11,79	11,88	-0,09	0,88
Frijol negro	9,32	9,44	+0,12	0,70
Arroz	12,70	12,77	+0,07	0,78
Maíz palomero	10,32	10,62	+0,30	0,71
Frijol pinto	9,13	9,49	+0,36	0,70
Lentejas	10,18	10,11	-0,07	0,71
Garbanzo	8,70	9,30	+0,60	0,66

Conclusiones



- ✓ Con la adopción y caracterización del medidor de contenido de humedad en granos se podrá contar con un patrón secundario para la medición del MC en granos.
- ✓ La trazabilidad de las mediciones de este patrón es hacia patrones nacionales de masa y temperatura.
- ✓ La incertidumbre obtenida con patrón fue menor a $\pm 1\%$ MC.
- ✓ Cumple con las especificaciones para un medidor clase I de acuerdo a la OIMLR59.