Estudio sobre la determinación del peso hectolítrico en diversas muestras de trigo

Ing. Agr. JORGE SPANGENBERG

Profesor Agregado de Agricultura
Jefe de la Sección Semilleros de Multiplicación del Servicio Oficial de Distribución de Semillas

Ing. Agr. RICARDO F. FERNANDEZ

Ayudante Técnico de la Sección Semilleros de Multiplicación del Servicio Oficial de Distribución de Semillas

En 1933 con motivo de la venta del stock sobrante de trigos del Servicio Oficial de Distribución de Semillas a la industria privada, surgieron algunas dificultades motivadas por diferencias en los pesos hectolítricos, los que fluctuaban notablemente algunas veces, según se tratara de datos remitidos por particulares o de los obtenidos en la Sección Técnica del Servicio Oficial de Distribución de Semillas.

Esta discrepancia en los resultados nos hizo ver la conveniencia de realizar un estudio — lo más amplio posible — con el objeto de determinar las causas de esas variaciones y los factores que mayor preponderancia pudieran tener en su génesis. Con tal fin se decidió analizar la posible influencia ejercida por diversas balanzas y procedimientos; distintos operadores y diferentes muestras de trigo con pesos hectolítricos de una latitud previamente establecida.

Se prepararon 4 muestras de trigo en esas condiciones, numerándolas del 1 al 4.

Muestra	Clase de trigo	Peso hectolítrico aproximado
N.º 1	Mezcla de Trigo "Pelón 4y" con subproductos del mismo	76.6 Kgs.
" 2	Trigo "Americano 44 d" ...	79.8 "
" 3	Trigo "Lin Calel"	82.4 "
" 4	Trigo "Pelón 4y"	84.7 "

Como se observa, esta escala presenta no sólo una graduación perfectamente delimitada, sino que reune la ventaja de estudiar trigos de grano grande (Pelón 4y), mediano (Americano 44d) y pequeño (Lin Calel).

Con fecha 21 de Octubre de 1933, se remitieron a la Cámara Mercantil de Productos del País, las cuatro muestras, teniéndose sumo cuidado de que estas fueran exactamente iguales a las que quedaban para la realización de las experiencias. Al enviar estas muestras — para mayor seguridad — se alteró la numeración de las mismas, rotulándose la muestra N.º 1 en igual forma, la 2 como 4, la 3 por 2, y la 4 se sustituyó por 3. A continuación se expresan los resultados obtenidos por la mencionada institución: (1)

N.º de la muestra remitida	N.º de la muestra que corresponde	Peso Hectolítrico
N.º 1	N.º 1	76.65 Kgs.
" 4	" 2	79.45 "
" 2	" 3	81.75 "
" 3	" 4	83.80 "

No entraremos a comentar las divergencias existentes entre los guarismos expuestos y los registrados al efectuar la clasificación de muestras hasta tanto no hayamos procedido al análisis de sus causas.

En las experiencias realizadas hemos utilizado tres balanzas portátiles para determinación del peso hectolítrico correspondiente a medidas volumétricas de ¼ litro (tipo Schopper). 2 balanzas eran de fabricación nacional de la casa Juan Negri, pertenecientes a la Cátedra de Agricultura de la Facultad de Agronomía, y otra, de la Oficina, de fabricación alemana, adquirida en la casa Finsterwald & Schaich de esta plaza. La última se clasificó con el número 1, y las otras dos, con 2 y 3 respectivamente.

De acuerdo con los resultados de ensayos previos, se consideró conveniente estudiar tres procedimientos (véase para mayor comprensión la figura adjunta).

Procedimiento N.º 1: Se virtió lentamente el contenido del tubo "C" al tubo "B". El tubo "C" estaba apoyado sobre el borde superior del tubo "B".

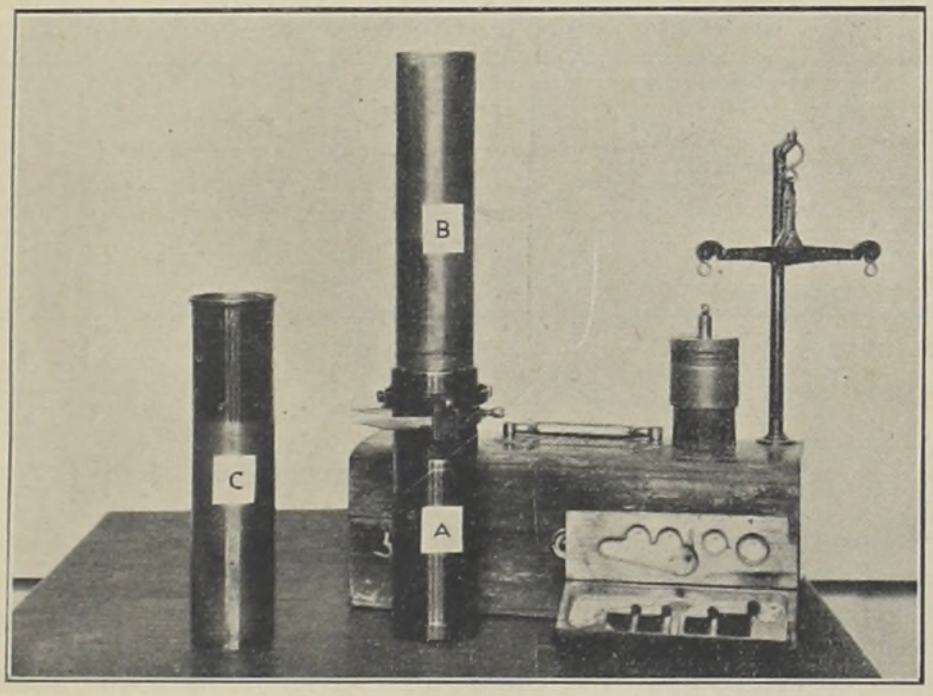
---

(1) Obra en nuestro poder la nota correspondiente de la Cámara Mercantil de Productos del País, de fecha 23 de Octubre de 1933, en la cual se indican los resultados consignados.

Procedimiento N.º 2: Se echó rápidamente el contenido del tubo "C" al tubo "B". El tubo "C" estaba apoyado sobre el borde superior del tubo "B".

Procedimiento N.º 3: Se virtió lentamente el contenido del tubo "C" en el "B", desde una altura constante de 11 cm., tomada a partir del borde superior del tubo "B".

Para evitar errores en la apreciación del tiempo, este se midió con un secundero. El tiempo de vertida para los procedimientos rápidos osciló, según el operador, entre 11 y 20 segundos, siendo en general de 15 segundos. Para los procedimientos lentos fluctuó entre 1 minuto y 1 y 11 segundos, ascendiendo por lo común a 1 minuto y 5 segundos.



Balanza portátil para determinación de peso hectolítrico de ¼ litro (tipo Schopper) armada

Se utilizó el secundero, a fin de evitar el error individual en la apreciación del tiempo, y disminuir en esa forma la posible influencia perturbadora ejercida por la modalidad de trabajar de los diversos operadores. Estos fueron dos, cada uno trabajó con las tres balanzas según los distintos procedimientos y con el total de las muestras. Se efectuó una sola repetición para cada caso.

Expuesta así, someramente la técnica experimental, consignamos a continuación los resultados:

En el cuadro general N.º 1, se encuentran incluídos además de los pesos hectolítricos, varios subcuadros parciales que nos permiten formarnos un criterio exacto sobre el estudio realizado. En efecto, en dichos cuadros se ponen claramente de manifiesto, cuales factores han variado y cuales han permanecido constantes, lo mismo que aquellos que han determinado mayores fluctuaciones en los resultados, permitiéndonos desglosar los factores predominantes de los secundarios.

En el cuadro N.º 2 se indica en una forma sintética cuales son los factores que varían en los diversos cuadros parciales que integran el cuadro general N.º 1.

Exposición sinóptica de los distintos factores que varían en los diversos cuadros que componen el cuadro general N o 1

N.º Cuadros Parciales	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
a) Muestras	+	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+	−	+
b) Procedimientos	+	+	+	−	−	+	+	−	−	+	+	−	−	+	+	−	−	+	+	−
c) Balanzas	+	+	+	+	+	−	−	−	−	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−
d) Observadores	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
e) Repeticiones	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	−	−	−

\+ = Variacion
− = Constancia

d) Observadores
c) Balanzas
e) Repeticiones
b) Procedim.
a) Muestras

Comentarios sobre el cuadro general N.º 1

Si estudiamos el cuadro parcial N.º 2, observamos que en el mismo varían todos los factores menos las repeticiones; bastaría por lo tanto que restáramos la "suma de los cuadrados reales" correspondientes a este cuadro, de la "suma de los cuadrados reales" correspondientes al cuadro parcial N.º 1, para que obtengamos la "suma de los cuadrados reales" correspondientes al "error experimental" del ensayo. Todos los "cuadrados medios" de los factores simples o complejos que sean inferiores al "cuadrado medio" de este "error experimental", serán sospechosos de falta de seguridad, para deducir conclusiones exactas.

	Grados de libertad (n—1)	Suma de cuadrados Sd^2	Cuadrado medio $\frac{Sd^2}{n-1}$
Cuadro parcial N.º 1	143	1629.3848	11.3943
" " " 2	71	1624.9136	22.8861
Error experimental .	72	4.4712	0.0621

CUADRO Núm. 1

PESOS HECTOLITRICOS OBTENIDOS CON DIVERSAS MUESTRAS DE TRIGO, VARIANDO OPERADORES, BALANZAS Y PROCEDIMIENTOS

OCTUBRE 19 A 20 DE 1933

Operador		1						2						1	2						
Balanzas		1		2		3		1		2		3				1	2	3	Sumas	Sumas	
MUESTRA	Procedim.	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	Sumas	Sumas	Sumas	Sumas	Sumas	1	2	Total	Promedios
		[1]												[6]		[10]			[14]		[18]	
	1	76.10	76.55	76.80	76.55	76.80	76.55	76.10	76.80	77.00	76.80	76 55	76 55	459.35	459.80	305.55	307.15	306.45	459.35	459.80	919.15	76.60
1	2	74.30	74.75	74.55	74.55	75.00	75.20	74.75	74.30	75.00	75.00	74.10	75.00	448.35	448.15	298.10	299.10	299.30	447.70	448.80	896.50	74.71
	3	77.90	77.90	77.25	78.60	79.45	78.80	78.60	78.60	79.45	79.00	77.70	77.70	469.90	471.05	313.00	314.30	313.65	470.35	470.60	940.95	78.41
	1	79.70	79.70	79.70	79.70	80.35	79.70	79.70	79.45	80.15	79.70	79.90	80.35	478.85	479.25	318.55	319.25	320.30	479.50	478.60	958.10	79.84
2	2	78.60	78.60	79.00	79.25	78.80	79.00	78.35	78.60	78.60	79.00	79.25	79.00	473.25	472.80	314.15	315.85	316.05	472.60	473.45	946.05	78.84
	3	81.05	80.80	81.50	81.50	81.50	81.05	81.05	81.05	81.50	81.25	81.05	81.50	487.40	487.40	323.95	325.75	325.10	487.65	487.15	974.80	81.23
	1	81.95	82.15	82.40	82.40	82.60	82.60	82.15	82.40	82.60	82.40	82.60	82.60	494.10	494.75	328.65	329.80	330 40	494.30	494.55	988.85	82.40
3	2	81.70	81.50	81.70	81.70	81.95	81.95	81.05	81.25	81.70	81.95	81.50	81.70	490.50	489.15	325.50	327.05	327.10	489.60	490.05	979.65	81.64
	3	83.65	83.15	83.90	83.65	84.15	84.15	83.65	83.40	83.90	84.15	84.40	84.40	502.65	503.90	333.85	335.60	337.10	503.65	,02.90	1006.55	83.88
	1	84.15	84.40	85.15	85.15	84.90	85.15	84.15	84.40	84.90	85.15	84.90	84.65	508.90	508.15	337.10	340.35	339.60	508.15	508.90	1017.05	84.75
4	2	84.15	83.40	84.15	84.15	84.15	84.65	83.65	83.90	84.15	83.90	84.15	83.90	504.65	503.65	335.10	336.35	336.85	504.40	503.90	1008.30	84.03
	3	86.15	86.40	86.40	86.15	86.65	86.65	85.65	86.15	86.15	86.40	86.90	86.65	518.40	517.90	344.35	345.10	346.85	517.90	518.40	1036.30	86.36
		[2]																				
1	1	152.65		153.35		153.35		152.90		153.80		153.10										
	2	149.05		149.10		150.20		149.05		150.00		149.10										
	3	155.80		155.85		158.25		157.20		158.45		155.40										
2	1	159.40		159.40		160.05		159.15		159.85		160.25										
	2	157.20		158.25		157.80		156.95		157.60		158.25										
	3	161.85		163.00		162.55		162.10		162.75		162.55										
3	1	164.10		164.80		165.20		164.55		165.00		165.20										
	2	163.20		163.40		163.90		162.30		163.65		163.20										
	3	166.80		167.55		168.30		167.05		168.05		168.80										
4	1	168.55		170.30		170.05		168.55		170.05		169.55										
	2	167.55		168.30		168.80		167.55		168.05		168.05										
	3	172.55		172.55		173.30		171.80		172.55		173.55										
		[3]												[7]		[11]			[15]		[19]	
1—4	1	644.70		647.85		648.65		645.15		648.70		648.10		1941.20	1941.95	1289.85	1296.55	1296.75	1941.30	1941.85	3883.15	80.90
	2	637.00		639.05		640.70		635.85		639.30		638.60		1916.75	1913.75	1278.85	1278.35	1279.30	1914.30	1916.20	3830.50	79.80
	3	657.00		658.95		662.40		658.15		661.80		660.30		1978.35	1980.25	1315.15	1320.75	1322.70	1979.55	1979.05	3958.60	82.47
		[4]												[8]		[12]			[16]		[20]	
1	1—3	457.50		458.30		461.80		459.15		462.25		457.60		1377.60	1379.00	916.65	920.55	919.40	1377.40	1379.20	2756.60	76.58
2	1—3	478.45		480.65		480.40		478.20		480.20		481.05		1439.50	1439.45	956.65	960.85	961.45	1439.75	1439.20	2878.95	79.97
3	1—3	494.10		495.75		497.40		493.90		496.70		497.20		1487.25	1487.80	988.00	992.45	994.60	1487.55	1487.50	2975.05	82.64
4	1—3	508.65		511.15		512.15		507.90		510.65		511.15		1531.95	1529.70	1016.55	1021.80	1023.30	1530.45	1531.20	3061.65	85.05
		[5]												[9]		[13]			[17]			
TOTAL		1938.70		1945.85		1951.75		1939.15		1949.80		1947.00		5836.30	5835.95	3877.85	3895.65	3898.75	5835.15	5837.10	11672.25	
PROMEDIO		80.78		81.08		81.32		80.80		81.24		81.13		81.06	81.05	80.79	81.16	81.22	81.04	81.07		

SUMAS

MUESTRAS Procedimiento

OBSERVADORES — BALANZAS — REPETICIONES

Para delimitar y estudiar la influencia de los diversos factores en los guarismos que expresan las conclusiones del ensayo, decidimos aplicar el único método estadístico que nos permite valorar su acción en el libre juego de los mismos, concretando su importancia en cifras que permiten formar un criterio exacto y orientarnos para el futuro con pleno conocimiento de causa. Hacemos alusión al método estadístico ideado por el célebre matemático inglés R. A. Fisher de Rothamsted denominado "análisis de variación simple y complejo". Por ser por demás conocida la modalidad de realización del cálculo para el "análisis de variación simple", ya que se aplica corrientemente en todos los ensayos dispuestos en "Cuadrado Latino" no entraremos a detallar su forma de ejecución; en cambio por no haberse divulgado tanto, expondremos brevemente más adelante la forma de realizar las operaciones numéricas en el "análisis de variación complejo".

Análisis de variación

Causas de variación	Grados de libertad (n - 1)	Suma de cuadrados Sd^2	Cuadrado medio $\frac{Sd^2}{n-1}$
Todas (subcuadro 1)	143	1629.3848	11.3943
Influencias simples			
a) muestras (subcuadro 20).....	3	1429.5798	476.5266
b) procedimientos (subcuadro 19)	2	172.7384	86.3692
c) balanzas (subcuadro 13)	2	5.3004	2.6502
d) repeticiones (subcuadro 17) ..	1	0.0264	0.0264
e) observadores (subcuadro 9) .	1	0.0008	0.0008
Interacción			
f) muestras-procedimientos (subcuadro 18 - 20 - 19)	6	9.6889	1.6148
g) balanzas-muestras (subcuadro 12 - 20 - 13)	6	0.4911	0.08185
h) balanzas-procedimientos (subcuadro 11 - 13 - 19)	4	0.0634	0.01585
i) REMANENTE	118	11.4956	0.09742
j) ERROR EXPERIMENTAL del ENSAYO (subcuadro 1-2)	72	4.4712	0.0621

En todo análisis de variación lo que se busca es obtener el menor remanente. Hay pues que observar si los factores estudiados responden a tal fin; de lo contrario se prescinde de los mismos. Esto es lo que acontece en el presente cálculo, por cuyo motivo hemos eliminado del análisis estadístico, a las causales de variación "observadores", "repeticiones", e influencia combinada de: "balanzas-muestras" y "balanzas-procedimientos", quedando en consecuencia la nómina de los "factores efectivos" reducida a los siguientes términos:

Causas de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Desviac. Típica
	(n - 1)	Sd^2	$\frac{Sd^2}{n-1}$	
Todas (subcuadro 1)	143	1629.3848	11.3943	3.3755
Influencias simples				
a) muestras (subcuadro 20) ...	3	1429.5798	476.5266	21.8295
b) procedimientos (subcuadro 19)	2	172.7384	86.3692	9.2935
c) balanzas (subcuadro 13)	2	5.3004	2.6502	1.6280
Interacción				
f) muestras-procedimientos (subcuadro 18 - 20 - 19)	6	9.6889	1.6148	1.2707
i) REMANENTE	130	12.0773	0.09290	0.3048
j) ERROR EXPERIMENTAL del ENSAYO (subcuadro 1-2)	72	4.4712	0.0621	

Por poco que observemos estas cifras, veremos que hemos obtenido como "cuadrado medio" del remanente un guarismo que difiere muy poco del "cuadrado medio" del "error experimental del ensayo", lo cual es índice de haber efectuado la eliminación dentro de todos los factores estudiados, de aquellos que más afectan las variaciones registradas.

De un examen somero de ambos cuadros se infiere que las causales de variación con significado estadístico, han sido por orden de importancia: "muestras", "procedimientos", "balanzas" y "muestras-procedimientos". En un plano netamente inferior y de importancia nula desde el punto de vista estadístico, se hallan: "repeticiones", "observadores" y "balanzas-procedimientos". Con

El "máximo error experimental para un 95 % de seguridad" se calcula en base del valor "t" de las tablas de "Student", que es más exacto que aplicar el duplo del mismo, y en todo caso permite aminorar el error experimental. En las mencionadas tablas, publicadas en varias revistas científicas de Agronomía, se encuentran tabulados estos valores hasta 20 grados de libertad e ∞ con seguridades de 85, 90, 95, 97.5 y 99 %. Por lo tanto es necesario calcular, en este caso, los valores comprendidos entre 20 grados de libertad e infinito. Tenemos pués que comparar dos series de 35 grados de libertad cada una, en consecuencia tenemos que calcular el valor "t" correspondiente a "(n-1)2" o sea a 70 grados de libertad. Para obtener esta cifra se procede en la siguiente forma:

Valor "t" para 20 grados de libertad y una seguridad de 95 % = 1.73. Recíproca de 20 = 0.05000000.

Valor "t" para ∞ grados de libertad y una seguridad de 95 % = 1.64. Recíproca de ∞ = 0.00000000.

Recíproca de 20 = 0.050000000; Recíproca de 70 = 0.014285714. La diferencia entre estas dos recíprocas nos da 0.035714286.

Para 0.05 de diferencia entre las recíprocas tenemos 0.09 de diferencia entre los valores "t", para 0.035714286 tendremos:

$$\frac{0.050000000}{0.035714286} :: \frac{0.09}{x} \qquad x = \frac{0.035714286 \times 0.09}{0.05} = 0.0642$$

Esta cantidad tenemos que restarla del valor "t" correspondiente a 20 grados de libertad para 95 % de seguridad, para obtener con el mismo grado de seguridad el valor "t" para 70 grados de libertad. Este es pués, de 1.6658. Para este caso es por consiguiente el "máximo error experimental" = t $\times$ 0.0718 = 0.1196 (P = 0.05).

				Diferencia media	Máximo error experimental (P=0.05)	Diferencia significativa (P=0.05)
Muestra	4	con muestra	3	2.4055 Kgs.	0.1196 Kgs.	2.2859 Kgs.
"	4	" "	2	5.0750 "	0.1196 "	4.9554 "
"	4	" "	1	8.4736 "	0.1196 "	8.3540 "
"	3	" "	2	2.6695 "	0.1196 "	2.5499 "
"	3	" "	1	6.0681 "	0.1196 "	5.9485 "
"	2	" "	1	3.3986 "	0.1196 "	3.2790 "

seguridad estadística, pero sin importancia desde el punto de vista de la influencia ejercida sobre los resultados del análisis matemático de la variación tenemos: "balanzas-muestras". Este hecho nos permite deducir que cualquiera que sea la muestra y la balanza empleada (siempre claro está, que ésta esté en condiciones y sea del tipo de las utilizadas en este ensayo), no existe una variación digna de considerarse dependiente de la relación entre estos dos valores.

Previamente al estudio de la influencia de los factores que se han revelado como primordiales en el presente ensayo, concretando la importancia de su acción en cifras, expondremos la forma de realización del "análisis de variación compleja", correspondiente a las causales que por su interdependencia más se han destacado, o sea "muestras-procedimientos".

Análisis de variación compleja referente a la interacción de "muestras-procedimientos"

Lo primero a efectuar es determinar las "desviaciones reales" de la misma, para lo cual sumaremos todas las cantidades correspondientes a "muestra N.º 1 - procedimiento N.º 1", una vez obtenidos estos datos, los de "muestra N.º 1 - procedimiento N.º 2", luego los de "muestra N.º 1 - procedimiento N.º 3". Terminadas estas operaciones se calculan las correspondientes a "muestra N.º 2 - procedimiento N.º 1" y así sucesivamente. Todas estas sumas parciales en el orden y forma indicada, se encuentran expuestas en el cuadro parcial N.º 18 del cuadro general N.º 1. No entraremos a detallar la forma de realizar estas sumas ya que consideramos está perfectamente indicada en el cuadro mencionado. A continuación expondremos el procedimiento matemático a observar para el cálculo en cuestión:

				Base de cálculo = 0 (A = 0)	
				d'	d'²
Muestra	N.º	1 - procedimiento	N.º 1 =	919.15	844836.7225
"	"	1 - "	" 2 =	896.50	803712.2500
"	"	1 - "	" 3 =	940.95	885386.9025
"	"	2 - "	" 1 =	958.10	917955.6100
"	"	2 - "	" 2 =	946.05	895010.6025
"	"	2 - "	" 3 =	974.80	950235.0400
"	"	3 - "	" 1 =	988.85	977824.3225
"	"	3 - "	" 2 =	979.65	959714.1225
"	"	3 - "	" 3 =	1006.55	1013142.9025
"	"	4 - "	" 1 =	1017.05	1034390.7025
"	"	4 - "	" 2 =	1008.30	1016668.8900
"	"	4 - "	" 3 =	1036.30	1073917.6900
				Sd' = 11672.25	Sd'² = 11372795.7575

$Sd^2 = Sd'^2 - nw^2$. $nw = 11572.23$

$$nw^2 = \frac{(nw)^2}{n} = \frac{11672.25^2}{12} = \frac{136241420.0625}{12} = 11353451.6718$$

$Sd^2 = 11372795.7575 - 11353451.6718 = 19344.0857$ pero como por razones de simplificación de cálculos hemos trabajado con sumas compuestas de 12 sumandos en vez de los promedios respectivos, tenemos que dividir este resultado por 12, lo que nos da 1612.0071.

Ahora bien, para obtener verdaderamente las "desviaciones reales al cuadrado" correspondientes a esta influencia combinada o interacción, tenemos que restarle a la cantidad hallada (1612.0071) las "desviaciones reales al cuadrado" de "muestras" (1429.5798) y las de "procedimientos" (172.7384), es decir, de los dos factores aislados, quedándonos finalmente una vez efectuadas estas sustracciones 9.6889. Esta cantidad es la suma de "desviaciones al cuadrado" correspondiente a la influencia combinada de "muestras-procedimientos".

Los "grados de libertad" se calculan en la siguiente forma: tenemos 4 muestras y 3 procedimientos. Estas cantidades desde luego que se trata de determinar la influencia combinada, se multiplican, lo que da 12. A esta cantidad le restamos la unidad o sea el grado de rigor, ya que por definición los "grados de libertad" son igual a n-1, y además los "grados de libertad" correspondientes a las "muestras" y los "procedimientos" (3 co-

rresponden a las "muestras" y 2 a "procedimientos") obteniendo 6 "grados de libertad".

El "cuadrado medio" lo establecemos dividiendo la "suma de desviaciones reales al cuadrado" por los "grados de libertad" correspondientes.

Efectuada esta disgresión para exponer la forma de calcular un factor inherente a la interacción o influencia combinada en un "análisis de variación compleja", pasaremos a estudiar la acción de los diversos factores dignos de ser tomados en consideración, expresando su importancia en cifras.

Variación debida prevalentemente a las muestras

		Promedios			
Muestra	N.º 1	76.5722	Kgs.	el	hectolitro
"	" 2	79.9708	"	"	"
"	" 3	82.6403	"	"	"
"	" 4	85.0458	"	"	"

Para delimitar superioridades tenemos que determinar el máximo error experimental correspondiente. De cada muestra tenemos 36 determinaciones, de manera que el "máximo error experimental para un 95 % de seguridad" es igual a: $t \times \sqrt{2/36} \times 0.3048 = 0.1196$. Se llega a esta fórmula por el siguiente razonamiento:

El error medio de una diferencia es igual a $\sqrt{a^2 + b^2}$; a = error medio de la serie "a"; b = error medio de la serie "b".

Error medio $= \frac{DT}{\sqrt{n}}$

En un análisis de variación por la propia índole del cálculo, ya que para dirimir superioridades entre los componentes se utiliza como expresión de la variación la "desviación típica" del Remanente, ambas son iguales, por lo tanto podemos sustituirla

$$\sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{\left(\frac{DT}{\sqrt{n}}\right)^2 + \left(\frac{DT}{\sqrt{n}}\right)^2} = \sqrt{\frac{DT^2}{n} + \frac{DT^2}{n}} = \sqrt{\frac{2\,DT^2}{n}} = \sqrt{\frac{2}{n}} \times DT$$

Para establecer supremacías es necesario comparar los promedios de las cantidades en cotejo. Cada serie tiene 36 repeticiones: luego la fórmula es: $\sqrt{2/36} \times DT$. La DT. del Remanente es 0.3048; el error medio $\sqrt{2/36} \times DT = 0.3048 \times 0.2357 = 0.0718$.

Estos resultados no requieren mayores comentarios, únicamente queremos hacer notar que las cifras promediales de los pesos hectolítricos para las distintas muestras no son exactas, ya que estos se encuentran influenciados por los resultados obtenidos en procedimientos que a nuestro juicio consideramos erróneos.

Variación debida prevalentemente a las diversas balanzas

	Promedio del peso hectolítrico
Balanza N.º 1	80.7885 Kgs.
" " 2	81.1594 "
" " 3	81.2240 "

Maximo error experimental (95 % de seguridad) $= t \times \sqrt{2/48} \times 0.3048 = 0.1032$.

	Diferencia media	Máximo error experimental (P=0.05)	Diferencia significativa (P=0.05)
Balanza 3 con Balanza 2	0.0646 Kgs.	0.1032 Kgs.	
" 3 " " 1	0.4355 "	0.1032 "	0.3323 Kgs.
" 2 " " 1	0.3709 "	0.1032 "	0.2677 "

Entre las dos balanzas fabricadas por la casa Negri no existen diferencias de significado, en cambio entre estas y la adquirida en la casa Finsterwald & Schaich (balanza N.º 1) existen diferencias algo apreciables, cuyo monto se expresa en los resultados finales. Estas diferencias son únicamente imputables a modalidades de fabricación en parte, y en algo también al mayor o menor uso. Sin embargo su importancia está muy lejos, como veremos más adelante, de registrar diferencias tan sensibles como las debidas a los procedimientos adoptados, y carece por lo tanto, en general de importancia económica.

Variación debida prevalentemente a los procedimientos adoptados

Procedimiento N.º 1 (lento y del borde)	80.8990 Kgs.
Procedimiento N.º 3 (rápido y del borde)	79.8021 "
Procedimiento N.º 3 (rápido y de 11 cm. de altura)	82.4708 "

Máximo error experimental (95 % de seguridad) $= t \times \sqrt{2/48} \times 0.3048 = 0.1032$.

				Diferencia media	Máximo error experimental (P=0.05)	Diferencia significativa (P=0.05)
Procedimiento	3	con procedimiento	2	2.6687 Kgs.	0.1032 Kgs.	2.5655 Kgs.
"	3	" "	1	1.5718 "	0.1032 "	1.4686 "
"	1	" "	2	1.0969 "	0.1032 "	0.9937 "

Estos resultados, fruto de un estudio matemático racional, son de por si altamente demostrativos. No entraremos a sentar conclusiones de las enormes diferencias acusadas, diferencias que falsean completamente la finalidad de la determinación para la apreciación comercial del producto. Descartaremos las diferencias registradas entre el procedimiento de vertir de alto rápidamente en contraposición a los otros dos métodos de vertir del borde, ya que solamente en caso de querer de exprofeso falsear los resultados, se puede adoptarlo. Nos concretaremos al cotejo de los otros dos. La diferencia significativa registrada entre estos dos últimos es tan elevada (casi un kilogramo en la determinación promedial del peso hectolítrico de las diversas muestras) que nos pone bien de manifiesto hasta que punto pueden variar los resultados a obtenerse y hasta cuanto puede llegar el error, con solo variar el tiempo de vertida del contenido de trigo del tubo "C" al tubo "B". Téngase en cuenta, que en este caso se ha apoyado directamente el tubo "C" sobre el borde del tubo "B", de manera que no puede haber error a causa del diverso espesor de la mano, como sucede con algunos operadores que apoyan al verter, el tubo "C" sobre la mano, en vez de directamente sobre el borde del tubo "B". No puede influenciar en estos datos el número de repeticiones ni el operador, pues al efectuar el estudio de estos factores en el análisis de la variación compleja, estos han afectado valores prácticamente nulos. En consecuencia estas diferencias notables solo las podemos atribuir a un sólo hecho; a la mayor o menor rapidez de vertida del trigo.

En las instrucciones que acompañan a las balanzas usadas no hemos encontrado nada referente a la forma y tiempo en que se debe vertir el contenido de granos del tubo "C" en el tubo "B", como tampoco en ninguno de los textos y revistas de agricultura tanto nacionales como extranjeras.

Para mayor ilustración, y a objeto de confirmar en un todo la veracidad de nuestra afirmación, expondremos algunos párrafos de una carta del distinguido Jefe del Laboratorio Experimental de Molinería y Panificación del Ministerio de Agricultura Argentino, Ingeniero Químico Henry D'André, que nos fué remitida con fecha Julio 25 de 1935, en contestación a un cuestionario que le formulamos con fecha 19 del mismo mes y año.

"Contestando a su atenta del 19 del actual, me es grato infor-
"marle que no existe una técnica internacionalizada o "standard"
"que tenga preferente adopción en la determinación del peso
"natural de los granos por hectolitro. Basta ver la diferenciación
"de construcción y los numerosos tipos de balanzas usadas en
"Norte América y Europa.—.....
"
"En Alemania y Sud-América, se adoptó en cambio la balanza de
"cuchilla tipo Schopper, cuyos modelos más usuales son los de
"¼ litro, ½ litro y de 1 litro.—.....
"
"En las tablas de corrección que distribuyen las Cámaras de
"Cereales de Buenos Aires o Rosario **no figura** la técnica a ob-
"servar para efectuar esta determinación pero puede encontrarse
"en las tablas que venden las casas constructoras de balanzas
"(Lutz, Ferrando, etc.). Como ejemplo transcribo unas indica-
"ciones que figuran en una tabla que acompañó una balanza
comprada en ésta, y que dice así:

Importante

"Deberá efectuarse las pesadas, dentro de un recinto cerrado,
"al abrigo del viento y sobre todo de la humedad, sobre una
"mesa lo más fija posible. Para las pruebas a utilizarse, muestras
"de granos completamente limpios y bien secos".

"1) Armese la balanza, siguiendo el orden de la figura que
"precede; esto es: primero el soporte que deberá recibir el brazo
"y contrapeso debajo del cual colóquese el trozo de madera
"circular. Así dispuesta la balanza, estará en condiciones de re-
"cibir el tubo (A) en el momento en que se encuentre listo, para
"ser pesado su contenido".

"2) Debe llenarse el tubo con el cereal a examinarse, cuidando
"de razar bien su borde, para lo cual debe emplearse la cuchilla
"(C) al efecto de que quede uniformemente lleno".

"3) Introdúzcase la cuchilla (C) en la hendidura (SS), del tubo
"(A). Colóquese el contrapeso metálico (D) en el tubo (A) y
"sobre la cuchilla (C). Ajústese el tubo (B) sobre el tubo (A),
"observando que los recortes y salientes se correspondan exac-
"tamente. Procédase a pasar el contenido del tubo al tubo (B),
"razando bien su borde superior".

"4) Tómese con la mano izquierda el tubo (A) el que deberá
"mantenerse fijamente, evitando así toda trepidación. Con la mano
"derecha retírese la cuchilla (C), la que deberá introducirse en

"la hendidura (SS) con rapidez con el objeto de cortar aquellos "granos que se interpusieran a su paso. Esta operación efectúese "con cuidado y evítese sacudir los tubos. Una vez esto efectuado, "retírese el tubo (B) y líbrese al tubo (A) de todo grano exce- "dente, antes de sacar la cuchilla (C)".

"Para uniformar las tomas de peso específico, el Laboratorio "Oficial ha adoptado el mismo tipo de balanza que rige en las "transacciones de las Bolsas de Cereales en la Argentina y que "es la balanza Schopper; pero mayor precisión se obtiene con "la balanza de un litro, que con la de un cuarto litro, aunque "casi siempre debe recurrirse a este último tipo, dado la escasez "de las muestras a examinar".

De estos párrafos fluye que para la técnica a observarse no se indica absolutamente nada respecto a la altura con que se debe vertir el contenido del tubo (C) al tubo (B), como tampoco del tiempo de duración del trasiego del contenido del tubo (C) al tubo (B); factores éstos que se han demostrado en el presente ensayo como determinantes de fluctuaciones tan importantes que pueden llegar a falsear la finalidad del análisis.

Estudiaremos a continuación brevemente las cifras correspondientes a la interacción de los factores "muestras-procedimientos" en el análisis de "variación compleja".

Variación debida prevalentemente a la interacción de muestras-procedimientos

						Promedios			
Muestras	N.º	1	Procedimiento	N.º	1 =	76.5958	Kgs.	el	hectolitro
"	"	1	"	"	2 =	74.7083	"	"	"
"	"	1	"	"	3 =	78.4125	"	"	"
"	"	2	"	"	1 =	79.8417	"	"	"
"	"	2	"	"	2 =	78.8375	"	"	"
"	"	2	"	"	3 =	81.2333	"	"	"
"	"	3	"	"	1 =	82.4042	"	"	"
"	"	3	"	"	2 =	81.6375	"	"	"
"	"	3	"	"	3 =	83.8792	"	"	"
"	"	4	"	"	1 =	84.7542	"	"	"
"	"	4	"	"	2 =	84.0250	"	"	"
"	"	4	"	"	3 =	86.3583	"	"	"

t (95 % de seguridad) = 1.7218

Máximo error experimental para 95 % de seguridad = $t \times \sqrt{2/12} \times 0.3048 = 0.4082 \times 0.3048 \times t = 0.2142$

										Diferencia media	Máx. error experim. P = 0,05	Diferencia signficativa P = 0 05
Muestra	N.º 1 -	Procedimiento	N.º 3	menos	Muestra	N.º 1 -	Proced miento	N.º 2		3.7042	0.2142	3.4900
"	N.º 1 -	"	N.º 3	"	"	N.º 1 -	"	N.º 1		1.8167	0.2142	1.6025
"	N.º 1 -	"	N.º 1	"	"	N.º 1 -	"	N.º 2		1.8875	0.2142	1.6733
"	N.º 2 -	"	N.º 3	"	"	N.º 2 -	"	N.º 2		2.3958	0.2142	2.1816
"	N.º 2 -	"	N.º 3	"	"	N.º 2 -	"	N.º 1		1.3916	0.2142	1.1774
"	N.º 2 -	"	N.º 1	"	"	N.º 2 -	"	N.º 2		1.0042	0.2142	0.7900
"	N.º 3 -	"	N.º 3	"	"	N.º 3 -	"	N.º 2		2.2417	0.2142	2.0275
"	N.º 3 -	"	N.º 3	"	"	N.º 3 -	"	N.º 1		1.4750	0.2142	1.2608
"	N.º 3 -	"	N.º 1	"	"	N.º 3 -	"	N.º 2		0.7667	0.2142	0.5525
"	N.º 4 -	"	N.º 3	"	"	N.º 4 -	"	N.º 2		2.3333	0.2142	2.1191
"	N.º 4 -	"	N.º 3	"	"	N.º 4 -	"	N.º 1		1.6041	0.2142	1.3899
"	N.º 4 -	"	N.º 1	"	"	N.º 4 -	"	N.º 2		0.7292	0.2142	0.5150

Del examen de estas cifras se desprende que la mayor interacción de los factores "muestras-procedimientos" se ha ejercido en la muestra N.º 1, la cual como ya indicamos está constituída por un trigo Pelón 4y mezclado con sub-productos del mismo, lo cual nos permite lógicamente deducir que la influencia más notable de esta acción compuesta debe manifestarse en muestras de escasa pureza. En los demás casos esta acción combinada de ambos factores ha sido, salvo pequeñas diferencias, más o menos semejante.

Consideraciones finales

Del ensayo efectuado se desprende la notable influencia ejercida por la modalidad de técnica observada para la determinación del peso hectolítrico de las diversas muestras de trigo. En efecto las variaciones debidas a este factor superan en mucho al conjunto de las demás. Estas oscilaciones, llegan según sea el procedimiento que se considere a diferencias significativas (es decir con una seguridad matemática del 95 %) de 2.5655, 1.4686 y 0.9937 Kgs., es decir a diferencias tales que desacreditan la seriedad de la determinación. Ahora bien el Congreso Internacional de Semillas efectuado en Roma en el año 1928, admite como máximun de diferencias entre dos determinaciones promediales realizadas por distintos laboratorios, 0.5 Kgs. cantidad mucho menor, que la mínima diferencia registrada como imputable a la causal comentada.

Consideramos en consecuencia conveniente, se indique en la técnica a observar para la determinación del peso hectolítrico que la muestra contenida en el tubo (C) se debe vertir al tubo (B), teniendo el borde del tubo (C) apoyado sobre el borde superior del tubo (B). En esta forma se evita la influencia pertubadora de la diversa altura de vertida. Igualmente estimamos necesario se establezca que el tiempo de vertida debe ser aproximadamente un minuto para balanzas de determinación del peso hectolítrico de un cuarto litro, tipo Schopper (que fueron las utilizadas en este ensayo) y que se debe verter el contenido del tubo (C) al tubo (B) en forma lenta y lo más uniforme posible. Aconsejamos se adopte este procedimiento, pues con él obtuvimos en cada muestra, el mayor peso hectolítrico, eliminando la influencia pertubadora de la altura, que al ejercer presión sobre el contenido trasegado del tubo (C) al tubo (B) provoca una aglomeración más densa de los granos, permitiendo que se obtenga por lo tanto un mayor peso hectolítrico. Hecha esta aclaración sostenemos que debe adoptarse el procedimiento que desde una altura dada e invariable, y que por la propia índole de construcción de la balanza no puede ser inferior al borde superior del tubo (B), nos dé el mayor peso hectolítrico, ya que en esta forma el resultado no se modifica por influencias artificiales ya sea a favor del comprador o vendedor y se proporciona al grano el tiempo necesario para dejar el menor número de espacios libres en relación al tamaño y pureza de la muestra con que se opere. El tiempo de un minuto más o menos no es exagerado pues es el que se tarda normalmente para llenar el tubo (B) con el contenido del tubo (C), vertiendo éste en forma lenta y uniforme.

CONCLUSIONES

1) De la experiencia realizada con balanzas de peso hectolítrico de un cuarto litro, tipo Schopper, se destaca en primer término como la influencia perturbadora más importante, el procedimiento de vertida del tubo (C) al tubo (B); influencia que ha registrado variaciones significativas de 2.5655, 1 4686 y 0.9937 Kgs. Estas diferencias son tan elevadas que comprometen la seriedad de la determinación.

2) La "interacción" o influencia combinada del factor complejo "muestras-procedimientos" se ha manifestado en este ensayo, con mayor intensidad en la muestra de menor pureza (muestra N.º 1).

3) Haciendo caso omiso de las muestras, que por su propia índole son las que registran mayores variaciones, pero que no interesan para la finalidad de este trabajo; las demás causales dignas de tenerse en cuenta son: las imputables al factor simple "balanzas" y a la interacción "muestras-procedimientos". La mayor variación significativa (95 % de seguridad) debida prevalentemente a la "influencia" ejercida en este ensayo por las distintas balanzas alcanza al guarismo 0.3323 Kgs., es decir una cantidad inferior a la diferencia admitida por el "Congreso Internacional de Semillas" de 1928 celebrado en Roma.

4) De la experimentación realizada fluye la necesidad de indicar para la realización de la determinación del peso hectolítrico de los cereales, el tiempo y forma de vertida del contenido del tubo (C) al tubo (B). El procedimiento que consideramos más lógico adoptar es el que hemos clasificado como N.º 1.