

Empleo del Refractómetro para la Dosificación de Aceites

Ing. Agr. JUAN CARLOS MORIXE YLARRAZ

Trabajo realizado en el Laboratorio de la Cátedra de Agricultura.

Cuando a principios del año 1929 me hallaba abocado a la parte analítica de numerosas muestras de maní recojidas en diversos puntos de la República, con el fin de presentar la tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, el Profesor de Agricultura de nuestra Facultad, Ing. Gustavo Spangenberg, en cuyo laboratorio efectuaba yo mi trabajo, me sugirió la idea de emplear el método óptico en el dosaje del aceite de dicha oleaginosa.

Al decidir ensayar este método solo nos guiaba, en un principio, el factor economía de tiempo, ya que se trataba de un número elevado de muestras a analizar, y por otra parte también el deseo de comprobar si en realidad su aplicación ofrecía en la práctica las ventajas que se destacaban teóricamente; pero pronto se pudo constatar que no era esta la única ventaja ofrecida, sino que también se lograba, con la aplicación del refractómetro, eliminar otros serios inconvenientes que se presentaban al trabajar con el clásico método de Soxhlet.

A continuación transcribo la descripción del método según se expuso por el autor en una anterior publicación: (1)

“Wesson (2) en 1920, fué quien dió forma más o menos definitiva a este nuevo método, al que ya muchos otros investigadores habían dedicado preferentemente su atención, indicando un procedimiento para la determinación del % de aceite en la semilla y tortas de algodón. Diversos estudios posteriores se han realizado en el Grain Research Laboratory of the Bureau of Agricultural Economics U. S. A. hasta que por último se obtuvo un método, sobre la base del primitivo de Wesson, que concuerda en todo con los resultados obtenidos por otros procedimientos clásicos, el de la extracción eterea por ejemplo.

En síntesis puede decirse que consiste en lo siguiente: se determina experimentalmente y previo a todo ensayo, la variación que sufre el índice de refracción de un disolvente conocido por halowax oil (que químicamente hablando es un cuerpo de la serie del naftaleno) a medida que se mezcla con aceite. Con estos datos y en la forma que se verá más adelante, se confecciona una tabla de conversión, la cual debe expresar el contenido en aceite de las semillas en función de los distintos índices de refracción. Como se comprenderá, esta es la parte más larga y delicada de todo el método, ya que una vez obtenida, todo se reduce a hacer actuar el disolvente sobre la muestra que se desea analizar y leer el índice de refracción de la mezcla, fijándose luego en la tabla que % de aceite le corresponde.

De todos los disolventes ensayados, ha sido el halowax oil el que ha dado los mejores resultados, por que presenta un coeficiente de variación constante para las más distintas concentraciones de aceite, lo que se comprobó que no sucedía con los demás.

A continuación inserto el procedimiento completo, tal como lo indican Coleman y Fellows (3) para la determinación de % de aceite en la semilla del lino:

Instrucciones para la preparación de la tabla de conversión

a) En tres matrascitos de unos 150 c.c. previamente tarados, se colocan unos 25 c.c. de halowax oil y se anota el peso exacto del halowax oil agregado a cada matraz. Luego se agrega aceite de lino a los matrascitos, de manera de obtener en peso, soluciones de 10, 12 y 14 % de aceite de lino en el halowax oil. Si se desea pueden hacerse mezclas adicionales, pero con estas tres es por lo general suficiente. No es necesario obtener porcentajes idénticos a lo mencionados, sino solamente aproximados. Como el método óptico se ha "standarizado" con el método de la extracción etérea, el aceite de lino obtenido por este medio puede perfectamente emplearse para hacer las mezclas con el halowax oil.

Cuando los matrascitos que contienen los conocidos porcentajes de aceite de lino han mezclado bien su contenido, se lee el índice de refracción de cada mezcla, así como también el del halowax oil usado, a la temperatura de 25° y con estos datos se determina el cambio del índice de refracción del halowax oil

por cada 1 % de aceite del lino presente en la mezcla. Los resultados serán por el estilo de los indicados en el siguiente cuadro:

Cuadro N.º 1

o/o de aceite de lino en el halowax oil	I. R. de la mezcla	Cambio en el I. R. debido al aceite de lino	Diferencia por cada 1 o/o de aceite de lino presente
10.697	1.61313	0.02041	0.001908
10.983	1.61255	0.02099	0.001911
12.099	1.61048	0.02306	0.001906
13.100	1.60863	0.02491	0.001902
13.546	1.60779	0.02575	0.001901
14.237	1.60636	0.02718	0.001909
Promedio			0.001906

La constante que se obtenga dependerá del índice original del halowax oil y del índice del aceite de lino empleado.

b) Se determina el porcentaje, en peso, del aceite de lino presente en el halowax oil cuando 4 c. c. de halowax oil se mezclan con una muestra de 2 gramos de semilla de lino molida. Para hacer esto, el peso de 4 c.c. de halowax oil debe determinarse previamente, lo que se lleva a cabo pesando sucesivamente varias porciones de 4 c.c. de halowax oil; o si se prefiere determinando su peso específico y multiplicándolo luego por 4.

Una vez conocido el peso exacto de los 4 c.c. de halowax oil, se calcula que % de aceite de lino habría cuando se mezclan 2 gramos de lino molido — de una composición dada — con los 4 c.c. de halowax oil.

Supongamos por ejemplo que tenemos un lino de 31 % de aceite. Una muestra de 2 gramos de esta semilla tendrá 0.62 gramos de aceite. Si esto 0.62 gramos de aceite se mezclan con 4 c.c. de halowax oil, cuyo peso es de 4.904 gramos el % de aceite de dicha mezcla será de 11.224 %. Conversiones de esta índole pueden hacerse en cualquier parte de la escala, desde 3 a 45 %, dependiendo de la extensión que deba darse a la tabla, según lo indique la práctica.

c) En el cuadro N.º 1 se ve por cada 1 % de aceite de lino presente en el halowax oil, el índice de refracción de éste varía de un manera definida y regular. En el caso de los ensayos citados esta variación era de 0.001906. Ahora solo es necesario pues, para expresar los valores del índice de refracción en función del % de aceite contenido en la semilla, multiplicar el % obtenido en B por la constante calculada en A. Finalmente se resta este valor del índice de refracción del halowax oil, que en este caso era de 1.63354. Los resultados aparecerán como en el cuadro N.º 2, que es un trozo de la escala usada para el lino.

Cuadro N.º 2

Refrac.	Aceite o/o	Refrac.	Aceite _i o/o
1.61276	30.0	1.61246	30.5
70	30.1	39	30.6
64	30.2	33	30.7
58	30.3	27	30.8
52	30.4	21	30.9

d) Como sucede generalmente con las apreciaciones ópticas, la temperatura a la cual se hacen las lecturas es muy importante. Es necesario cuando se emplea este método, referir todas las lecturas a una misma temperatura. Para condiciones normales se ha fijado la temperatura de 25 grados centígrado para todos los trabajos de laboratorio. Por lo tanto, para cada grado de más o de menos, es menester sumar o restar el factor 0.00045, a la lectura primitiva. Esta corrección no puede ser pasada por alto, ya que esta cifra — 0.00045 — equivale aproximadamente a 0.75 % de aceite en la escala.

Indicaciones para efectuar el análisis

- 1) Moler muy finamente 25 gramos más o menos de semilla.
- 2) Pesar, en la balanza de precisión, 2 gramos de la muestra molida y colocarlos dentro de un mortero de porcelana de 8 centímetros de diámetro, calentado previamente a 70° C. en un calentador eléctrico. Echar 4 c.c. de halowax oil N.º 1007 y mezclar bien con el pistilo durante 2 minutos por lo menos.

3) Filtrar con un filtro plegado, usando embudo de vidrio de 40 milímetros y recoger el filtrado en un tubo de ensayo de fondo plano.

4) Dejar enfriar el tubo y su contenido a la temperatura ambiente. Colocar una gota de esta mezcla en el prisma del refractómetro y promediar tres lecturas.

5) Observar la temperatura, y por cada grado sobre 25° C sumar 0.00045 a la lectura del refractómetro, restando la misma cifra en caso contrario.

6) Limpiar el prisma del refractómetro con un pedazo de algodón absorbente.

7) Calcular el % de aceite en la muestra analizada, comparando la lectura refractométrica con los valores asignados a ellas (cuadro N.º 2).

Material requerido para este procedimiento

Si se desea poder hacer un trabajo rápido, es conveniente disponer de los siguientes aparatos:

Un molino harinero experimental, accionando mecánicamente, con cilindros de 15×15 y con un rayado de 40 por pulgada.

6 morteros de porcelana de 8 centímetros de diámetro, con sus pistilos.

Una balanza de precisión, sensible a 0.1 mmg.

Un calentador eléctrico de 20×20 centímetros.

Una bureta Shellbach de 25 c.c.

Dos docenas de tubos de ensayo.

Dos docenas de embudos de vidrio de 40 milímetros.

Reserva de halowax oil N.º 1000 o 1007.

Reserva de filtros plegados, algodón absorbente y varillas de vidrio.

Un refractómetro con prismas calentables, que aprecie hasta la 5.ª cifra decimal.

Un sistema de circulación de agua para regular la temperatura.

Dos pipetas de 25 c.c.

Ensayos realizados

Como el procedimiento descrito se refiere unicamente al análisis de semillas de lino, los primeros esfuerzos realizados por el que escribe, se dirigieron a la adaptación y aplicación del mismo, a la determinación cuantitativa de la materia grasa en los frutos de maní.

Lo más importante, de lo cual dependía su posible utilización, era verificar si con el aceite de maní el halowax oil sufría una variación constante de su índice de refracción, para las distintas concentraciones de aquel.

Con este fin se hicieron las mezclas de halowax oil y aceite de maní (obtenido por extracción etérea, perfectamente claro y libre de impurezas) obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro N.º 3

o/o de aceite en el halowax oil	I. R. de la mezcla	Cambio en el I. R. debido al aceite	Diferencia por cada 1 o/o de aceite presente
9.251	1.61415	0.01905	0.002059
10.689	1.61090	0.02230	0.002087
12.508	1.60745	0.02575	0.002058
18.654	1.60523	0.02797	0.002048
16.821	1.59900	0.03420	0.002033
Promedio			0.002057

Salta a la vista que los coeficientes de variación así obtenidos no ofrecen la notable constancia que presentan aquellos calculados por Coleman y Fellows (Cuadro N.º 1), pero es necesario tener en cuenta que mientras estos experimentadores contaban con un refractómetro que apreciaba hasta la 5.ª cifra decimal, en nuestros ensayos trabajamos con el tipo Abbe, con el cual no puede apreciarse sino hasta la 4.ª cifra. (x) Natural-

(x) Cuando se inició la aplicación de este procedimiento (principios de 1929) no había en plaza, ni aquí ni en Buenos Aires, ningún aparato cuya precisión alcanzara hasta la 5.ª cifra decimal.

mente que en estas condiciones el error de experimentación debe ser mayor y por lo tanto se halla justificada la mayor variabilidad registrada en los coeficientes, la que por otra parte no alcanza una magnitud que pueda hacer dudar de la posibilidad de aplicar el método, ya que no obstante lo expuesto presenta una constancia en su variación perfectamente aceptable.

Esta escala se verificó el corriente año, antes de comenzar los análisis de la nueva cosecha, obteniéndose un coeficiente de variabilidad promedio de 0.002050, el que concuerda estrictamente con el calculado en el Cuadro N.º 3.

Con estos datos se procedió luego a la confección de la tabla de conversión tal como lo aconsejan Coleman y Felows. De esta manera se obtuvo la escala que permite conocer directamente el % de grasa del material analizado en función del índice de refracción de la mezcla obtenida.

Cuadro N.º 4

Síntesis de la escala utilizada para el maní

I. R.	Aceite o/o	I. R.	Aceite o/o
1.6042	40.0	1.6012	45.0
1.6036	41.0	1.6006	46.0
1.6030	42.0	1.6000	47.0
1.6024	43.0	1.5994	48.0
1.6018	44.0	1.5988	49.0

I. R. del hallowax oil = 1.6332.

Peso de 4 c.c. de hallowax oil = 4.8809.

La técnica seguida para el análisis ha sido la detallada en la primer parte de esta comunicación. Solo fué menester modificarla en lo referente a la molienda, pues no disponiendo de un molino harinero experimental, se empleó un molino de discos Little Marvel con el cual se consiguió una molienda de la finura requerida.

En nuestro caso no era imprescindible el molino de cilindros proque el maní, además de ceder su aceite más fácilmente al ser atacado por el halowax oil, no presenta la cutícula tan dura que dificulta la molienda del lino.

En las condiciones apuntadas se realizó un cotejo entre los resultados arrojados por el análisis de 14 muestras de maní según se expone en el siguiente cuadro:

Cuadro N.º 5

Porcentaje de grasa por substancia seca

No.	Soxhlet	Refractómetro
1	50.43	50.40
2	49.35	49.25
3	48.21	48.00
4	43.93	44.05
5	46.79	46.65
6	47.38	47.30
7	47.49	47.55
8	46.29	46.10
9	46.77	46.50
10	48.95	48.90
11	46.80	46.85
12	47.82	47.70
13	49.67	49.65
14	48.75	48.50
Prom.	47.76	47.67

Como se puede apreciar por los variados valores que indica este cuadro, se ha trabajado con distintas variedades de maní, las que diferían notablemente en su tenor en materia grasa — desde la N.º 4 que se trata de maní africano (poco % de grasa) hasta los Números 1, 2 y 13 que son variedades aceiteras — entre las que hay una diferencia de 5 y 6 % de aceite.

Las determinaciones efectuadas por el método de Soxhlet presentaron serias dificultades en la obtención del extracto etéreo. En la casi totalidad de los análisis efectuadas se pudo constatar que el éter etílico empleado, apesar de estar perfec-

tamente libre de agua por haber sido redestilado, llevaba en suspensión, junto con la materia grasa disuelta, finas partículas del producto analizado en cantidades variables según la finura de la molienda realizada. Esta suspensión, que posiblemente en su mayor parte consista de materias protéicas — arachina y conarachina, que según Jones y Horn (4) se encuentran presentes en la torta de maní en un 25 y 8 % respectivamente — solo pudo evitarse casi por completo utilizando los cartuchos de extracción reforzados con tres y cuatro capas de papel de filtro y haciendo una molienda menos fina, lo que obliga a emplear mayor tiempo y hace más engorroso el proceso analítico.

Con el fin de ilustrar respecto a la magnitud que alcanza este error, doy a continuación los resultados obtenidos en el análisis de una misma muestra, molida según tres tipos de finura y haciendo durar el proceso de extracción 5 y 16 horas respectivamente.

Cuadro N.º 6

	5 horas	16 horas	Diferencia 16 h. - 5 h.
Molienda tipo fino	47.23	47.66	+ 0.43
» » medio	45.27	45.83	+ 0.56
» » grueso	42.96	44.53	+ 1.57

En este ensayo se emplearon los cartuchos de extracción Schleicher y Schübl tal como los suministra el comercio.

Se trató de utilizar, en sustitución de los mencionados cartuchos, bujías porosas, tal como lo recomiendan Mahin y Carr (5), con las cuales es menester prolongar la extracción hasta un plazo de 16 horas, pero no fué posible conseguirlas en plaza.

Discusión de los resultados obtenidos

Para establecer si los resultados expuestos en el cuadro N.º 5 ofrecen en realidad la marcada correspondencia que parece desprenderse a su simple observación, se ha aplicado el

cálculo estadístico, por medio del cual es posible establecer matemáticamente la magnitud de la variación ocurrida y el verdadero valor de la correlación observada.

Para el cálculo del coeficiente de correlación se ha utilizado la fórmula

$$r_{xy} = \frac{(Sd'x.d'y) - n \cdot wxwy}{\sqrt{S(d^2x) \cdot S(d^2y)}}$$

que se encuentra desarrollada y explicada en un trabajo del Ing. Gustavo Spangenberg (6). En nuestro caso, luego de realizar los cálculos respectivos, llegamos a la siguiente operación final:

$$r_{xy} = \frac{35.2977}{\sqrt{35.7971 \times 34.9836}} = 0.9974$$

Si buscamos en la tabla correspondiente (tabla indicadora del % de seguridad para los coeficientes de correlación), veremos que para 12 variantes ($n - 2$), que son las que hay que considerar en nuestro ensayo, un valor de 0.66 ya indica una seguridad del 99 %. Por lo tanto se puede afirmar sin ningún lugar a dudas que ambos métodos ofrecen una marcadísima correlación.

Este solo hecho es suficiente para probar que el método óptico tiene el mismo valor comparativo del Soxhlet, ya que ambos reaccionan de igual manera ante las diferencias presentadas en las 14 muestras que comprenden el ensayo.

Empero, para poder también demostrar su identidad respecto a los valores absolutos, es menester comprobar que tampoco difieren significativamente en los % de grasa arrojados; o en caso contrario establecer exactamente la magnitud de la diferencia existente entre ambos.

El cálculo estadístico nos ofrece de nuevo su ayuda, permitiéndonos hacer también este cotejo, utilizando para tal fin la fórmula de "Student".

"t" = Diferencia media/Error medio

La diferencia media D. M. = 0.0879 a favor de Soxhlet.
El error medio de la diferencia E. M. = 0.0305.

Aplicando la fórmula del valor "t" tenemos:

$$"t" = 0.0879/0.0305 = 2.88$$

En las tablas de "t" (x) se fija un valor de 1.77 para 13 observaciones (n - 1) como límite del 95 % de seguridad (P = 0.05) que es el mínimo establecido para ensayos de esta índole. Por lo tanto, apesar del reducido valor de la diferencia media, esta es significativa.

Para determinar que cifra corresponde a esta diferencia tenemos que hallar el valor D.M. en la fórmula "t" = D.M./E.M. Como "t" lo fijan las tablas en 1.77 y sabemos que E.M.=0.0305, resulta que D.M.=0.0540.

De modo que la diferencia de verdadera significación es de 0.0879 - 0.0540 = 0.0339.

Esta insignificante diferencia que presentan entre sí ambos métodos analíticos, de suyo sin mayor importancia, puesto que no alcanza ni a 0.04 % y por lo tanto no puede casi modificar y menos aún falsear los resultados que se obtengan, está a mi juicio perfectamente justificada por las anomalías indicadas anteriormente al citar el procedimiento Soxhlet. Por el mayor cuidado que se haya tenido con el fin de evitar el pasaje de esa materia, que por su finura podríamos llamar coloidal, y aunque a la vista el extracto etéreo y luego el aceite obtenido no presentarán ningún enturbamiento ni depósito, sería aventurado afirmar que pudo evitarse en absoluto este arrastre, como para negar que esa diferencia, que en la pesada directa solo representa 4 miligramos se deba a imperceptibles cantidades de estas materias extrañas, que lograron abrirse paso a través de los filtros, apesar de las precauciones tomadas.

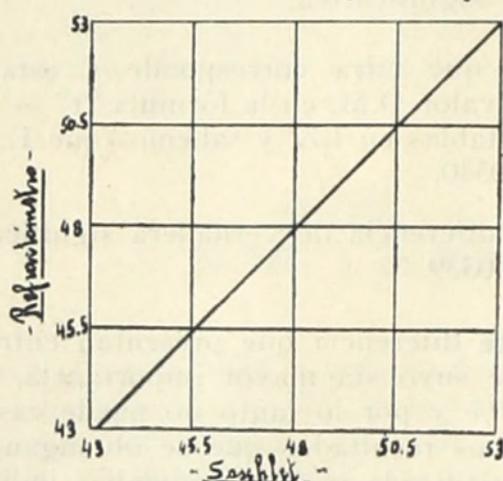
La coincidencia perfecta de estos dos procedimientos se pone bien de relieve en el gráfico que sigue, el que representa una "regresión lineal" que expresa los distintos valores que indica

(x) Todas las tablas citadas están publicadas en (7).

el refractómetro para análisis en que el Soxhlet arroja % de grasa que varían desde 43 a 53. La recta que traza la regresión coincide casi con la diagonal, que es la posición que señala valores idénticos para ambas variantes. (x)

- Oscilaciones de los % de grasa arrojados por el refractómetro en función de la variación de los valores del Soxhlet -

$$\text{fórmula: } y = -0.63 + 1.011x$$



(x) La regresión se calculó según la fórmula:

$$y = \bar{y} - (r_{xy} \cdot \frac{DTy}{DTx} \cdot \bar{x}) + (r_{xy} \cdot \frac{DTy}{DTx} \cdot x)$$

en la que las letras indican: \bar{y} = promedio de los valores «y»
 \bar{x} = promedio de los valores «x»
 r_{xy} = coef. de correlación de «x» e «y»
 DTy = desviación típica de «y»
 DTx = desviación típica de «x»

Consideraciones finales

De la lectura de los conceptos vertidos en páginas anteriores, se deduce que la única dificultad encontrada en la práctica realizada con el método óptico, a pesar de la cual se han obtenido resultados muy satisfactorios, la constituía la falta de un aparato similar al indicado por Coleman y Fellows. Hoy ésta ha desaparecido desde que la casa Zeiss fabrica actualmente unos nuevos refractómetros de la precisión requerida, con los cuales podrán determinarse con toda exactitud hasta fracciones de 0.02 % de materia grasa.

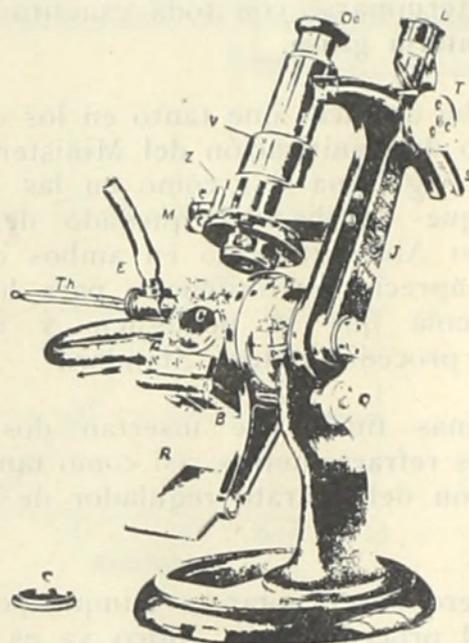
Con todo cabe destacar que tanto en los ensayos realizados en el Laboratorio de Panificación del Ministerio de Agricultura de la República Argentina (x) como en las experiencias efectuadas por el que escribe, ha quedado demostrado que el refractómetro tipo Abbe utilizado en ambos casos arroja una seguridad en la apreciación suficiente para los fines de experimentación agrícola que se persiguen y una concordancia absoluta con los procedimientos "Standard".

En las páginas finales se insertan dos fotografías que representan ambos refractómetros, así como también un esquema sobre la instalación del aparato regulador de la temperatura y presión del agua.

También quiero hacer notar — aunque por lo expuesto en la descripción del procedimiento óptico ya es posible formarse una idea respecto a la rapidez con que se efectúan la determinaciones — que si continuamos tomando como base de comparación el método de Soxhlet se puede decir sin temor a caer en exageración alguna, que utilizando el refractómetro pueden efectuarse, dentro de las instalaciones corrientes de laboratorio, por lo menos diez veces más análisis a igualdad de tiempo y personal. En efecto con éste se pueden analizar fácilmente 50 muestras — cada una con su correspondiente repetición — en un día de trabajo, sin más personal que el operador y un

(x) Deseo dejar expresa constancia de mi agradecimiento al Jefe de la División de Genética Vegetal, Ing. Gustavo J. Fischer, al Jefe del Laboratorio de Panificación, Ing. Henry D'André, y al personal técnico del mismo, por las primeras indicaciones que me suministraron sobre este nuevo procedimiento.

ayudante y solo con el material detallado en la página 5. En cuanto al Soxhlet, estimo que para llegar a efectuar 20 determinaciones (correspondientes a 10 muestras) se requieren dos días de labor, con todas las molestias ocasionadas por las precauciones que es necesario adoptar para evitar los peligros



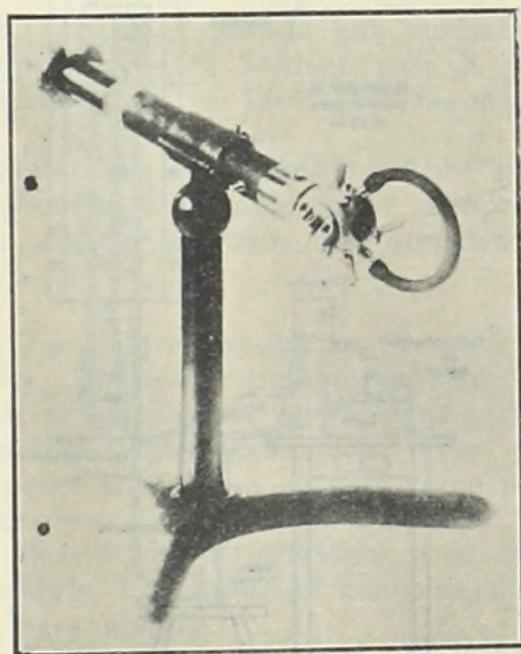
Refractómetro Abbe utilizado en los ensayos expuestos en esta comunicación.

que ofrece el eter, siempre pronto para provocar cualquier hecho desagradable. Aunque este serio peligro se elimine con las modernas instalaciones eléctricas siempre existe la circunstancia, poco agradable por cierto para el técnico, de tener que permanecer observando la marcha de 20 extractores que funcionan en un local cerrado.

Esto refiriéndose a su aplicación en casos donde es menester referir las determinaciones a sustancia seca. Tratándose de establecimientos industriales, a los cuales les interesa el conte-

nido en aceite de las semillas que adquieren, la economía de tiempo es aún mayor, pues se evita la determinación de la humedad, mientras que si se trabajara con el Soxhlet esto no es posible.

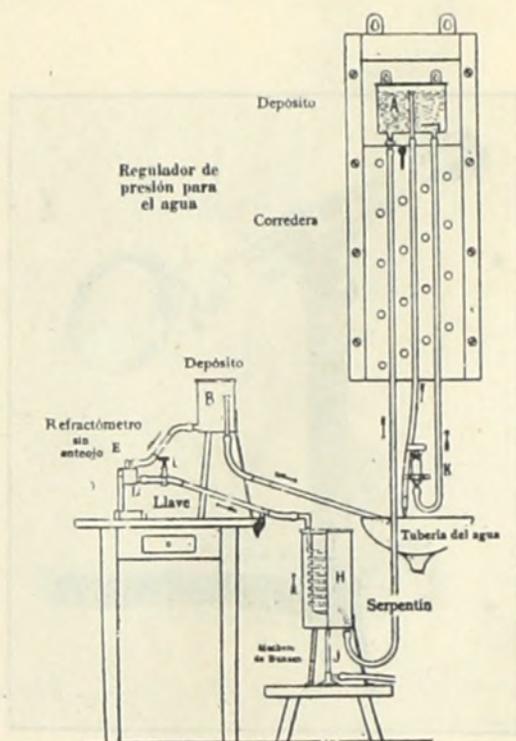
No pretendo afirmar que en un laboratorio carente de carácter técnico- experimental o falta de especialización alguna, donde solo se analicen periódicamente contadas muestras, sea



Refractómetro Zeiss que aprecia hasta la 5.^a cifra decimal.

conveniente la sustitución de un método por otro. Pero si digo que presenta ventajas indiscutibles para una estación experimental de genética por ejemplo donde se deben analizar centenares y tal vez millares de muestras de otras tantas líneas puras o plantas madres si se trata de una hibridación, para distribuir luego la siembra de acuerdo con normas científicas o efectuar los cruzamientos según la finalidad perseguida; para un esta-

blecimiento industrial donde diariamente se controle la calidad de la materia prima que ha de adquirirse, así como también de los residuos de la elaboración (tortas), para conocer según la composición de éstos, el grado de extracción conseguido; o para cualquier otro laboratorio que por su carácter deba trabajar amenudo con un número elevado de muestras.



Disposición del serpentín y del regulador de presión para el agua montados en combinación con el refractómetro.

Hasta es muy posible que gracias a este nuevo procedimiento rápido se generalicen los conceptos vertidos en párrafos anteriores, ya que muchas veces estas prácticas no se llevan a cabo por falta de métodos aplicables.

Aunque fuera menester sacrificar algo de la exactitud que poseen como característica primordial los antiguos métodos

analíticos — lo que por cierto no sucede en el caso comentado — es necesario que éstos evolucionen, que se pongan al alcance de la industria para convertirse en sus aliados, lo que en resumen constituye una de sus principales razones de ser.

Conclusiones

1) Luego de un riguroso cotejo, siguiendo las modernas normas estadísticas, se ha contactado una perfecta concordancia entre el método óptico y el de Soxhlet, para la dosificación del contenido de materia grasa en los frutos de maní.

2) Con el empleo del refractómetro Abbe no se ha registrado ninguna diferencia apreciable, pero siempre que sea posible es preferible utilizar aparatos que aprecien hasta la 5.^a cifra decimal.

3) La utilización del refractómetro presenta las siguientes ventajas principales: a) factor tiempo reducido al mínimum; b) economía en su aplicación por el pequeño gasto que demanda; c) gran exactitud comparado con otros procedimientos "standard", y d) proceso analítico sencillo como para ser puesto en práctica por personas de ilustración corriente; ventajas todas que lo ponen al alcance de la industria y la experimentación agrícola en gran escala, facilitando el conocimiento de datos de inestimable valor para ambos.

Bibliografía

- (1) Morixe Ylarraz, J. C. 1929. "Nuevo Método Optico para la Dosificación del Aceite en las Semillas Oleaginosas". Agros. Epoca IV. No. 114.
 - (2) Wesson, D. 1920. "New Optical Method for Determining Oil in Oil Mill Materials".
 - (3) Coleman, D. A. and Fellows, H. C. 1929. "Oil Content of Flaxseed with Comparisons for Determining Oil Content". U. S. D. A. Bull. No. 1471.
 - (4) Jones, D. B. and Horn, M. J. 1930. "The Properties of Arachin and Conarachin and the Proportionate Occurrence of these Proteins in the Peanut". Journal of Agricultural Research. Pag. 673.
 - (5) Mahin, E. and Carr, R. "Quantitative Agricultural Analysis". New York. 1923.
 - (6) Spangenberg, Gustavo. 1928. "Nociones de Cálculo Estadístico". Agros. Epoca IV. No. 112.
 - (7) Fisher, R. A. 1927. "Statistical Methods for Research Workers". London.
-