

INDUSTRIA DE LA CERVEZA

R. DEMOLIN y J. J. ANICHINI Estudiantes de Q. Industrial

Puede definirse la cerveza como una infusión de cebada germinada o malta aromatizada con lúpulo, fermentada con ayuda de una levadura, saturada de CO_2 , y pasteurizada.

Las distintas variedades de cerveza son debidas:

- 1) a la naturaleza de los cereales;
- 2) al método de sacarificación empleado;
- 3) a la naturaleza de la fermentación.

Las materias primas empleadas son:

- 1) cereales,
- 2) agua,
- 3) lúpulo.

LOS CEREALES

El más empleado es la cebada. Causas de su preferencia:

- 1) Da por germinación malta más rico en diastasas,
- 2) Su germinación es más fácil,
- 3) La plúmel crece por debajo de la corteza y durante el desraizado está protegida,
- 4) Produce un malta más poroso que aún disgregado sacarifica mejor,
- 5) Su constitución química se presta mejor para la fabricación de la cerveza.

CONSTITUCION DE LA CEBADA. — Los principales elementos de la cebada son:

Hidratos de Carbono (sustancias orgánicas no nitrogenadas).

1) **AZUCARES. Glucosa o dextrosa** muy soluble en el agua, que fermenta integralmente bajo la acción de todas las levaduras alcohólicas. Sus diluciones acuosas calentadas en presencia de compuestos alcalinos, aún fosfatos secundarios, se vuelven marrones; una acción análoga es ejercida por los ácidos aminados, sobretudo en el proceso de torrefacción, cuando el malta ha sido calentado demasiado húmedo, por encima de 40 a 50 grados.

La solución acuosa de glucosa, colocada hirviendo en contacto del aire, sufre un proceso de oxidación y se colorea.

Levulosa o Fructuosa. — Es también muy soluble en el agua, fermentando en general más lentamente que la glucosa. Sus soluciones acuosas también se oscurecen, pero más enérgicamente que las de glucosa, por acción de los compuestos alcalinos, ácidos aminados, oxidación del aire, combinados con el calor.

Sacarosa. — Sus soluciones acuosas, se oscurecen también bajo las mismas acciones que la glucosa y levulosa. Es desdoblada por acción de: los ácidos diluidos en caliente (el HCl la desdobra completamente a 68 grados, el ácido tartárico a ebullición, y los ácidos orgánicos débiles actúan más lentamente, mismo a ebullición). Esta inversión puede ser efectuada también por una diastasa de la levadura, la invertasa, cuya acción óptima se desarrolla a 60 grados, y a temperaturas inferiores el desdoblamiento es más lento.

Estos tres azúcares, existen normalmente en la cebada en dosis generalmente pequeñas, de 4 a 6%.

Maltosa. — Tiene la misma composición química que la sacarosa. Es desdoblada por los ácidos diluidos en glucosa, y también por acción de la maltasa que se encuentra en la levadura y en los maltas cuya temperatura de secado no ha sido muy elevada.

Estas transformaciones preceden necesariamente toda fermentación.

La maltosa o sus jarabes se colorean por acción del calor y cuando la temperatura es lo suficientemente elevada, se obtienen productos empireumáticos, que suelen encontrarse en el malta tostado.

2) **DEXTRINAS.** Son cuerpos blancos, no cristalizados, solubles en el agua y poco solubles en el alcohol concentrado. Los ácidos fuertes tal como el HCl diluido, las desdoblan en glucosa.

Existe un gran número de dextrinas que se comportan como coloides y adsorben sustancias minerales, otros coloides o azúcares.

Las dextrinas toman nacimiento en varias reacciones: por calefacción del almidón seco a 140 grados, por calefacción del mismo humedecido con ácidos minerales u orgánicos, por tratamiento con distintas diastasas, tales como la amilasa de la cebada o del malta, la glucasa del maíz, la taka-diastasa producida por ciertos hongos, etc. Dada la naturaleza coloidal de las soluciones de dextrina, es muy difícil obtener estas sustancias al estado de pureza.

3) **ALMIDON.** — Existe en todos los granos empleados en cervecería (cebada, maíz, arroz, mandioca, etc., y en la papa bajo la denominación de fécula).

El almidón extraído de estas sustancias se presenta bajo forma granuladas microscópicas, mostrando más o menos netamente, capas superpuestas. La

forma y dimensión de los gránulos, caracteriza el origen del almidón.

El almidón es insoluble en el agua fría, pero cuando aumenta la temperatura se ve que los granos se hinchan progresivamente, y cuando la temperatura es lo suficientemente elevada, estallan constituyendo un líquido más o menos viscoso y turbio, que constituye un engrudo. Engrudo que por enfriamiento se vuelve más espeso, y cuando la concentración es suficiente forma una jalea. El almidón y sus engrudos en agua pura son a la vez, ácidos a la fenol-ftaleína y alcalinos frente a la heliantina. La viscosidad de los engrudos, es tanto más grande cuanto menor es la acidez y mayor la alcalinidad. La viscosidad es pues aumentada cuando se neutraliza una parte de la acidez o se aumenta la alcalinidad, lo que ocurre cuando se emplean aguas calcáreas o carbonatadas; por el contrario una pequeña adición de ácido, neutralizando parcial o totalmente la alcalinidad, trae como consecuencia una disminución de la viscosidad.

Estas mismas condiciones ejercen una considerable influencia en la sacarificación del almidón, por la diastasa del malta. Para que la sacarificación sea óptima es necesario una viscosidad óptima. Esta viscosidad puede regularse mediante la adición de un ácido o la adición de un álcali.

El almidón es un coloide ozógeno y sus engrudos constituyen soluciones coloidales, capaces de adsorber elementos minerales u orgánicos. Filtrando un engrudo sobre colodión queda un residuo viscoso en el filtro, en tanto que el filtrado es claro y fluido, su acidez es menor a la del engrudo inicial. El residuo puede ser disuelto bajo forma de solución coloidal, por adición de pequeñas porciones de NaOH, u otros compuestos alcalinos. El almidón extraído de los granos, deja siempre por incineración una cantidad variable de cenizas o sustancias minerales; encontrándose generalmente en las cenizas sílice o ácido fosfórico, combinado con el Na, K ó Ca. La viscosidad es tanto más grande cuanto mayor es la dosis de fosfato, siendo las sales de Ca las que dan mayor viscosidad.

El almidón es transformado más o menos completamente en glucosa por los ácidos fuertes y diluidos, pero la reacción no es prácticamente total más que para las soluciones diluidas de almidón. En los otros casos queda siempre una porción más o menos considerable de dextrinas, y cuando se prolonga la acción, una parte de glucosa ya producida sufre una polimerización, conduciendo a distintos azúcares y dando probablemente la iso maltosa.

Constitución del Almidón — Según los trabajos de Maquenne, Roux, Fernback, Malfitano, Samec y otros, la constitución del almidón, desde el punto de vista de la industria cervecera, respondería

a la presencia de los grupos siguientes:

A) Amilosas. Son hidratos de carbono provenientes del interior de los gránulos de almidón, que se colorean de azul por la adición de iodo, y que dan en solución acuosa y en caliente, soluciones claras y no viscosas.

Las amilosas se transforman íntegramente en maltosa, por sacarificación a 55 grados, bajo la influencia de la diastasa del malta o de la cebada.

B) Amilopectinas. Proviene de las envolturas exteriores de los gránulos de almidón; producen con el agua una jalea viscosa y por desecación una sustancia córnea. Dan con el iodo una coloración marrón violeta. Las amilo-pectinas no serían atacadas en las condiciones usuales por la diastasa sacarificante del malta, pero sufriría luego una transformación lenta, cuando la diastasa se encuentra activada, sea por ácidos aminados, sea por una reducción de la alcalinidad del medio.

C) Fosfatos. Primarios o secundarios de Na, K o Ca que influirían en la viscosidad del engrudo. Además de los fosfatos existirían sales minerales, que tienen ellas también una acción sobre la acidez y la alcalinidad, es decir, igualmente tendrían acción sobre la viscosidad del engrudo, y por lo tanto sobre los productos de sacarificación.

Samec, estima que la amilo-pectina es un ester fosfórico de un hidrato de carbono, es decir, que los fosfatos encontrados en las cenizas provendrían de esta combinación y no existirían libres en el almidón.

4) CELULOSA. Se trata de un compuesto no muy bien definido, y es un grupo que comprende distintos individuos, cuya constitución es imperfectamente conocida. En su forma más condensada constituye el elemento principal de la madera, de las envolturas del grano de cebada, arroz y maíz. Se encuentra en la cebada, incrustada sobre un edificio mineral constituido por un 70 % de sílice. Mismo bajo esta forma, la celulosa cede al agua caliente una cierta cantidad de sustancias solubles, que se denominan pentosanas y exosanas. Estas se encuentran en la cerveza, donde constituyen un 6 a 7 % del extracto seco.

En el interior de los granos se encuentra una celulosa menos condensada, denominada hemi-celulosa, como elemento constitutivo del almidón. Forma en parte las paredes de las células que contienen los gránulos de almidón, y puede ser atacada y solubilizada en el curso de la germinación.

La celulosa de los granos da con el iodo una coloración marrón violácea, o también rosada fugaz, coloración que se hace menos fugaz a medida que se agrega más iodo. Esto permite no confundirse, con la coloración roja o rosada permanente que da el

almidón incompletamente sacarificado, con el mismo reactivo.

SUSTANCIAS ORGANICAS NO NITROGENADAS SUSTANCIAS GRASAS

Están constituidas por ésteres de la glicerina y diversos ácidos grasos; principalmente el oléico, el palmítico y el esteárico. Se encuentran en la cebada, en una proporción de 1 a 2 %.

Son desdobladas en parte por la lipasa, en glicerina y ácidos grasos orrespondientes.

TANINOS

Se encuentran en la corteza del malta y de la cebada, sustancias tánicas solubles en agua destilada, y que dan con el calcio de las aguas, compuestos insolubles. Los taninos forman con la albúmina, combinaciones que en ciertas condiciones de acidez, son insolubles; por otra parte, estas combinaciones son más solubles en caliente que en frío, y, pueden pues, dar por enfriamiento un enturbiamiento.

SUSTANCIAS ORGANICAS NITROGENADAS

Existen bajo forma variable, y son muy numerosas. Desempeñan un papel fundamental en la fabricación.

Se expresa generalmente, bajo la forma convencional de proteína total, por % de materia estudiada. Se admite, lo que es una aproximación, que todos los compuestos nitrogenados presentes contienen la misma proporción (16%) de su peso en nitrógeno. Se dosifica el N₂ total, y se multiplica por 6,25 la cifra obtenida.

Esta simplificación no es siempre comparativa, ya que el tenor en N₂, de algunas sustancias nitrogenadas, varía entre 12 y 22 %.

Sin embargo, esta aproximación es interesante, ya que permite establecer aproximaciones útiles.

Se puede establecer una primera división:

A) Sustancias químicamente definidas, cristalizables, y que dan en el agua soluciones verdaderas. Las más importantes, son los ácidos aminados.

B) Sustancias coloidales, que comprenden los albuminoideos y sus modificaciones: albúminas, globulinas, glutinas, albumosas y peptonas.

El grupo A) se subdivide en varias categorías.

a) Ácidos aminados.

Estos cuerpos se forman en el curso de la germinación, por degradación de los albuminoideos de la cebada. Sirven como alimento de la levadura, y según como se comporten desde este punto de vista, se dividen en dos clases: los mono-aminoácidos y los di-ácidos.

Los primeros pueden ser considerados como derivados de diversos ácidos orgánicos. Los más simples son: la glicocola y la alanina. También, suelen encontrarse la valina (ácido amino-isovalérico) y la leucina (ácido amino-caproico). Algunos de estos cuerpos, desprenden NH₃ durante el proceso de torrefacción, durante el cocimiento, o aún bajo la influencia de ciertas levaduras, y también de algunas diastasas. Como ya dijimos, las soluciones de levulosa o glucosa, en presencia de estos ácidos aminados, se oscurecen al ser calentadas. Esta es una de las causas de la coloración del malta en el proceso de torrefacción.

Los amino di-ácidos, tienen como representantes más simples, los ácidos aspárticos y glutárico.

Estos ácidos aminados, desempeñan un papel importante en la industria de la cerveza, por ser alimento nitrogenado de la levadura, y por los productos de transformación a que dan lugar durante la fermentación.

b) Derivados de la purina.

Encontramos: xantina, alantoina y ácido úrico, habiéndose encontrado este último en la cerveza elaborada. Estas sustancias no parecen tener una importancia práctica.

GRUPO B)

Albuminoideos y modificaciones.

Dan por disolución, soluciones coloidales que pueden absorber otros coloides o sales minerales, quedar infinitamente disueltas o precipitadas bruscamente porque, bajo influencias químicas o físicas, su estado de dispersión ha disminuído.

Algunos albuminoideos son insolubles en el agua pura, pero se solubilizan cuando el agua contiene NaCl, aún en dosis pequeñas.

Los albuminoideos pueden ser transformados, por diastasas del malta o de la levadura, en compuestos más sencillos: albumosas, peptonas, ácidos aminados, aún en sales amoniacaes. Inversamente, la levadura, y de una manera general las células vivientes, son capaces de transformar el NH₃ o los ácidos aminados en albuminoideos, más o menos condensados.

Hoy se consideran a los albuminoideos, como sustancias químicas capaces de combinarse con ácidos, bases y carbonatos, cuando son puros.

Entre los albuminoideos se pueden distinguir los grupos siguientes:

1) ALBUMINA.

Se encuentra combinada parcialmente con bases (soda, potasa, cal) por sus elementos ácidos; o con ácidos minerales u orgánicos, por sus elementos alcalinos. Es, bajo sus distintas formas, soluble en agua pura, pero la cantidad disuelta en frío o a tem-

peraturas bajas, es en general, aumentada en presencia de ácidos o de álcalis, siempre que la albúmina considerada, no haya sido anteriormente neutralizada en sus dos reacciones.

Cuando se calienta una solución de albúmina (solución coloidal), ésta se comporta de distinta manera, según sea el pH de la solución. Cuando la acidez es pequeña, la solución no se enturbia aún por ebullición prolongada, es decir que la albúmina forma combinaciones solubles en ese medio. Cuando se aumenta la acidez, se produce un enturbiamiento por ebullición, que se acentúa y llega a formar flóculos que se depositan, dejando en la parte superior un líquido claro. Esta coagulación se produce ya a temperaturas inferiores a 100 grados, y varía según la naturaleza de la albúmina y su estado de combinación con los ácidos o las bases.

Las sustancias precipitadas, arrastran sales de calcio, albúminas no coagulables, taninos, resinas, coloides presentes en la solución, sales metálicas, principalmente las de cobre, estaño, hierro, cinc y plomo. Estas acciones comunes a los coloides, se producen también en el cocimiento del mosto.

La influencia de la acidez en la precipitación de la albúmina, se reduce tanto más cuanto más neutra es la solución de que partimos; esta influencia se hace muy débil, cuando el pH inicial es igual a 7.

La coagulación de la albúmina, de sus soluciones, se efectúa de una manera creciente, cuando se prolonga la ebullición, pero las dosis suplementarias precipitadas, son menores.

Por el contrario, el cocimiento bajo débil presión, determina una coagulación rápida en flóculos grandes, en algunos minutos, independientemente de la acidez del medio.

La albúmina que se encuentra en la cebada y en el malta, ha sido denominada por Osborne, leucosina.

2) GLOBULINAS.

Insolubles en el agua pura; solubles en líquidos que contienen sales, principalmente NaCl, MgSO₄.

Osborne ha demostrado la existencia de globulina en la cebada y en el malta, habiéndolas designado con los nombres respectivos de "Edestina" y "Binedestina". Ha constatado que algunos miligramos de HCl en el agua, alcanzan para disolver un gramo de edestina de la cebada, y que duplicando la cantidad de ácido agregado, ésta edestina, se precipitaba casi integralmente, como si existiesen dos combinaciones: una soluble en un medio débilmente ácido, y la otra insoluble en un medio más ácido. La edestina, calentada moderadamente con ácidos diluidos, se vuelve aprovechable por la levadura.

3) GLUTINAS

Son sustancias insolubles en el agua pura, y que contengan sales, pero solubles en el alcohol al 70%.

Las glutinas, son capaces de fijar por adsorción o por combinación sales de Ca o de otros metales y coloides; desempeñan como las globulinas, un papel importante en la turbidez de la cerveza, sea por enfriamiento, sea por los metales, sea por variaciones mismo débiles de la acidez.

Osborne ha separado de la cebada una hordeína, y del malta una binina, pertenecientes ambas a éste grupo, y cuya identidad ha demostrado Luers. La proporción de hordeína es grande en la cebada, y representa hasta un 40% del N total; como esta materia sufre una transformación en el curso de la germinación, la proporción en el malta es mucho menor.

4) ALBUMOSAS Y PEPTONAS

Son albuminoideos muy simplificados, y que se forman por la adición de la diastasa en la germinación y durante el proceso de elaboración, sea por el cocimiento bajo presión de otros albuminoideos más complejos.

Se caracterizan las albumosas, como siendo precipitadas de sus soluciones por saturación con SO₄Zn mientras que las peptonas permanecerían disueltas.

Las peptonas son consideradas como alimentos nitrogenados de la levadura, así como los ácidos aminados. Sin embargo cuando se aumenta la acidez de una infusión de malta, aumenta la cantidad de sustancias nitrogenadas que la levadura puede asimilar, y no parece, que un aumento de la cantidad de ácido láctico o de fosfato ácido, sea suficiente como para transformar los albuminoideos en peptonas.

Se considera generalmente que los albuminoideos insolubles se desdoblan, dando por un lado albúmina, y por otro lado albumosas y peptonas, siendo estas últimas transformadas en ácidos aminados, pudiendo llegar finalmente a sales amoniacales.

Pero es cierto que estas transformaciones no son nunca totales, por lo menos en las condiciones prácticas, y que los mostos contienen toda la serie de albuminoideos más arriba indicados.

SUSTANCIAS MINERALES

Estas sustancias varían de acuerdo con el suelo, clima y condiciones atmosféricas. Encontramos entre otras: fosfatos de Mg y Ca, sulfatos de K, Na y Ca, cloruros, ácido salicílico, sílice, etc.

CONDICIONES REQUERIDAS PARA UNA BUENA CEBADA

1) Grano amarillo oro, uniforme y lleno. Los granos pequeños son utilizados en destilería.

2) No deben ser muy nitrogenadas (12% como máximo). Deben contener entre 8 y 14% de albúmi-

nas proteicas. Mayor porcentaje trae como consecuencias cervezas turbias, difíciles de clarificar, de fermentación irregular y conservación difícil.

3) No debe contener mucha celulosa, pues la corteza al actuar como elemento filtrante, después del proceso de sacarificación, absorbe mucho mosto, acarreando como consecuencia una pérdida en el rendimiento.

4) Un 80% de semillas humedecidas, y mantenidas a 25 o 30 grados, debe germinar en 48 horas, y el 90 o 95 %, en 72 horas.

5) Evitar en lo posible granos vidriosos; estos granos germinan y sacarifican con dificultad, y dan mostos turbios.

6) Se deben preferir las partidas que pesen de 60 a 70 Kgrs. por Hltr.

7) La acidez expresada en ácido sulfúrico, no debe ser superior a 0,2 %

8) Evitar los granos con moho, es decir, que no presenten sus extremos oscuros.

9) Conviene emplear cebadas que tengan 4 o 5 meses de recogidas.

10) El análisis debe acusar 60 a 70 % de almidón, 12 a 14 % de humedad, 0,5 a 1,2 % de sacarosa y 2 a 3 % de grasas.

ANALISIS DE LA CEBADA

HUMEDAD — La toma de ensayo se lleva a la estufa, a 50 grados, durante un tiempo, y luego se aumenta la temperatura a 100 - 105 grados. La temperatura de 50 grados, tiene dos objetos:

1.o evitar la formación del engrudo de almidón;

2.o evitar la coagulación de las sustancias proteicas, que a 80 grados, forman una película que impide la evaporación. Este inconveniente, se salva mezclando a la toma de ensayo, una pequeña porción de arena.

ALBUMINA — Se determina el N% mediante el Kjeldall, o cualquiera de sus modificaciones, y el producto obtenido se multiplica por 6,25. Determinamos así la sustancia nitrogenada total. Esta se divide en sustancia nitrogenada insoluble y sustancia nitrogenada soluble, y esta última se subdivide en sustancia coagulable (peptonas) y no coagulables (albumosas).

SUSTANCIA NITROGENADA SOLUBLE TOTAL — Cuanto más rica sea la cebada en estos compuestos, más rica será en diastasas.

Técnica — En un recipiente con agitador mecánico se colocan 25 gramos de cebada molida, y se agita durante 6 horas con 150 cc. de agua y una gota de cloroformo para disolver las grasas. Se filtra, se lava, se enrasa a 250 cc. (solución A). Se toman de A, 100 cc., y sobre ellos se dosifica el nitrógeno total soluble.

SUSTANCIA NITROGENADA TOTAL, MENOS SUSTANCIA NITROGENADA SOLUBLE TOTAL, IGUAL, SUSTANCIA NITROGENADA INSOLUBLE.

SUSTANCIA NITROGENADA SOLUBLE NO COAGULABLE (ALBUMOSAS). — A 100 cc. de la solución A, se los lleva a ebullición durante 30 minutos con refrigerante a reflujo. Filtrar, lavar, y en la solución se dosifica el N no coagulable.

SUSTANCIA NITROGENADA SOLUBLE COAGULABLE (PEPTONAS). — SOLUBLES TOTALES MENOS SOLUBLES NO COAGULABLES = SOLUBLES COAGULABLES.

ENERGIA GERMINATIVA. — Es el número de granos por ciento que germina al cabo de 72 horas.

PODER GERMINATIVO — Es el número de granos por ciento que germinan en diez días. Para estos ensayos de germinación, se utilizan aparatos semejantes a estufas, en los cuales se controla la temperatura y la humedad.

ALMIDON — A la toma de ensayo, que se obtuvo calentando cebada molida en agua, y puesta media hora a baño de maría para producir una engrudización, se hidroliza con HCl de densidad 1.125, se calienta a baño maría con refrigerante a reflujo, hasta no más reacción de iodo. Se neutraliza, se filtra, se enrasa, y se dosifica con Fehling. No conviene usar el polarímetro, pues puede haber dextrinas, que tienen poder dextrógiro muy elevado y como la glucosa es también dextrógiro, nos daría un error en más.

CENIZAS — Se incinera cebada molida en cápsula de Pt, hasta rojo sombra.

ACIDO FOSFORICO — Se dosifica en las cenizas como fosfomolibdato de amonio, con solución de molibdato de amonio, en medio nítrico y nitrato de amonio.

TECNICA — Cenizas más HNO₃ y evaporar, calcinar en exceso de HNO₃. Se trata por agua, y se separa por filtración la sílice, y en el filtrado se precipita el fosfo-molibdato de amonio.

RENDIMIENTO EN EXTRACTO — Se desmenuza el malta a polvo. Se pesan 50 grs. en un matraz de metal (para estar en las mismas condiciones que en la industria). Se agregan 200 cc. de agua destilada llevada a una temperatura de 45 grados. Se calienta a baño maría dejando media hora a esa temperatura, agitando constantemente. Se eleva lentamente la temperatura, de manera que aumente un grado por minuto, hasta que la temperatura llegue a 70 grados. Se mantiene la temperatura constante hasta sacarificación completa. Se anota el tiempo transcurrido, entre el instante en que la temperatura llegó a 70 grados y el instante en que la sacarifi-

cación ha terminado. Si el tiempo fué de 20 minutos, el malta es muy bueno, pudiéndose tolerar hasta un tiempo de 30 minutos. Luego se filtra sobre papel, y se anota el tiempo de filtración y la naturaleza del filtrado. El filtrado tiene que ser brillante o claro.

ENSAYO DE MALTAJE — Se usa para conocer el malta que puede dar la cebada, calculándose sobre sustancia seca. El ensayo debe hacerse en condiciones análogas al proceso industrial. Supongamos que la humedad de una cebada es de 15%; operando sobre 100 gramos, obtuvimos 85 gramos de malta, con una humedad del 5%.

CALCULOS:

$$\begin{aligned} 100 - 15 &= 85 \\ 85 - 4,25 * &= 80,75 \end{aligned}$$

85	80,75
100	x

*) 4,25 es el 5% de 85

x) es el porcentaje de malta seco, a partir de una cebada seca.

Es necesario descontar a este porcentaje, el peso de las raíces, que oscila entre un 20 o 30 %. El resultado así obtenido debe oscilar entre 68 y 72 %.

(continuará en el próximo núm.)

FOTOCOLORIMETRIA

Q. Farmacéutica MARIA I. ARDAO

(Continuación del núm. anterior)

Los espectrofotómetros son aparatos de gran exactitud y especificidad, (difícilmente coexisten en mezclas dos sustancias que absorban en la misma longitud de onda) pero tienen el inconveniente de no estar al alcance de la mayoría de los laboratorios por su costo elevado y la complejidad de su manejo. Como en ellos se produce el espectro visible en toda su continuidad, es posible trabajar con cualquier longitud de onda dentro de 400 y 800 milimicras, y aún, con aparatos especiales de este tipo, pueden hacerse medidas en la región invisible.

Para salvar aquellos inconvenientes se han construido aparatos más sencillos en los cuales la luz monocromática se obtiene mediante ciertos dispositivos como el monocromador o por la interposición de filtros especiales de sustancias coloreadas. Estos son los fotocolorímetros o fotómetros, de los cuales el fotómetro de gradación de Pulfrich es el más difundido y se encuentra en algunos de nuestros laboratorios.

En estos aparatos la apreciación de la igualdad de iluminación se hace por medio de la visión directa del observador, lo que está sujeto a inevitables errores individuales.

Existen otros aparatos más o menos recientes, basados en el mismo principio, en los cuales la luz monocromática se produce interponiendo filtros co-

loreados pero, a diferencia de los anteriores, la igualdad de iluminación se obtiene por medio de la célula fotoeléctrica. Son los colorímetros fotoeléctricos o electrofotómetros.

FOTOMETRO DE GRADACION DE PULFRICH

Consiste esencialmente en una fuente luminosa que emite rayos paralelos de intensidad I_0 . Unos de esos rayos atraviesan la solución cuya capacidad absorbente se quiere medir y otros la solución de compensación constituida por agua o el disolvente empleado más los reactivos, etc. Cada uno de esos haces de rayos pasa luego por un sistema mecánico (diafragma) que permite igualar su intensidad luminosa.

Los dos haces continúan su trayectoria a través de un sistema óptico (lente plana, convexa y prismas, de reflexión total) que los concentra sobre un pequeño prisma y serán recogidos por el ocular después de atravesar el filtro selectivo apropiado. (Fig. 1)

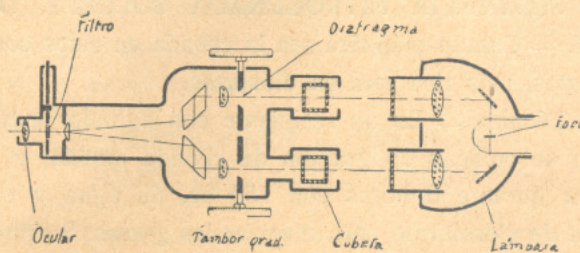


Fig. 1

Los dispositivos importantes son:

a) El productor de luz monocromática consiste