

Fig. 18. — Modelo Ia; instrumento de lujo provisto de todos los perfeccionamientos.

diafragmas discóideos; un piñón y una cremallera permiten la-dear estos diafragmas, á fin de obtener la iluminación oblicua. Finalmente, en la parte inferior del aparato hay una prolongación prismática, donde va fijo el espejo reflector.

Pueden sacarse del concentrador Abbe efectos de iluminación muy varios y todos muy útiles en el estudio de las preparacio-

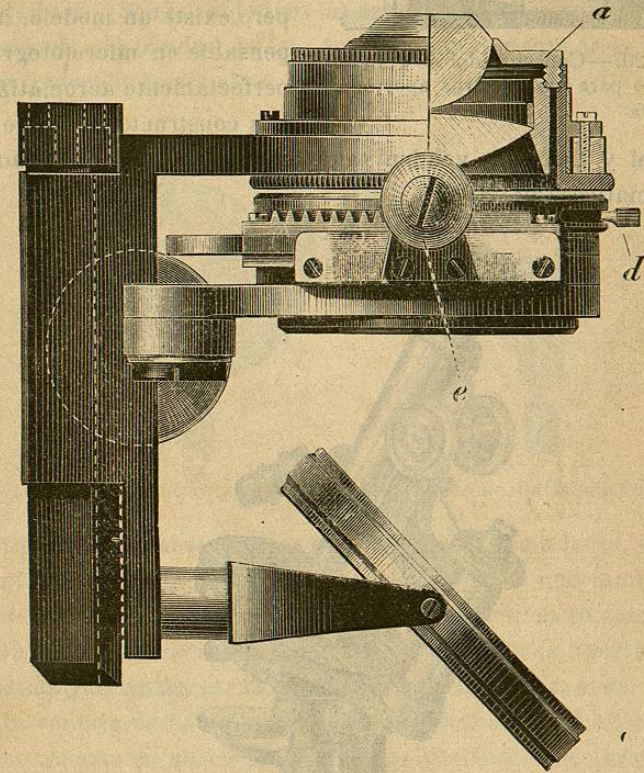


Fig. 19. — Corte del concentrador Abbe.

nes. Así, por ejemplo: operando sin diafragma, la preparación aparece tan difusamente iluminada, que no revela sino las partes coloreadas (la cromatina de los núcleos, los microbios teñidos con las anilinas, etc.); pero si la preparación se examina con diafragmas, no sólo amengua la luz, sino que se perciben rigurosamente los contornos de las partes poco ó nada teñidas, ó

cuyo índice de refracción apenas discrepa del medio conservador (contornos celulares, rayas de diatómeas, dobles contornos de tubitos, pestañas vibrátiles, etc.).

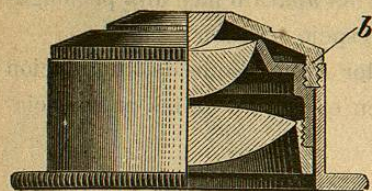


Fig. 20. — Concentrador de gran ángulo para los objetivos apocromáticos.

El concentrador de Abbe ordinariamente usado carece de la corrección cromática; pero existe un modelo, indispensable en microfotografía, perfectamente acromatizado. Los constructores ingleses, Powel y Lealand, venden también excelentes concentradores acromáticos (fig. 20).

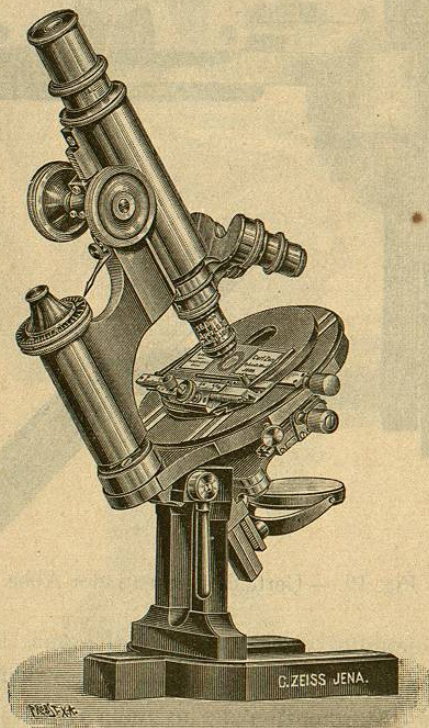


Fig. 21. — Modelo con revólver porta-objetivo, aparato concentrador Abbe y platina móvil.

La abertura del concentrador ordinario permite usar los ob-

jetivos apocromáticos fuertes (1,30 y 1,40 de Zeiss); no obstante, el objetivo 1,63 de Zeiss, exige un concentrador especial, cuya abertura guarda correspondencia con la poderosa del objetivo.

Para los pequeños modelos de microscopio, la casa Zeiss construye también un concentrador más sencillo, provisto de diafragma iris que se monta en lugar del diafragma cilíndrico. (fig. 22).

Objetivos.—Son los objetivos los órganos más importantes del microscopio; la bondad de éste depende enteramente de la buena construcción de aquellos.

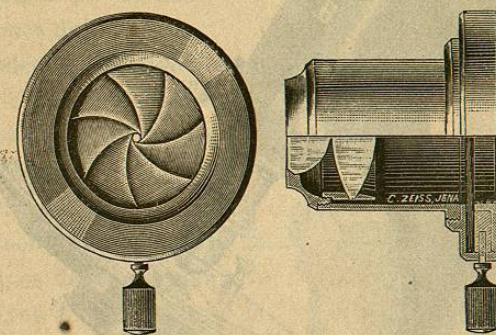


Fig. 22. — Pequeño concentrador Abbe provisto de diafragma iris.

Antiguamente constaban los objetivos de una sola lente, cuya distancia focal variaba según los aumentos que se querían obtener. Pero desde Carlos Chevalier (1833), los objetivos se construyen de varias lentes, con la doble mira de corregir la aberración cromática y de aumentar la distancia frontal: alcánzase así también la ventaja de hacer más fácil la construcción del objetivo, pues se reparte en varias lentes de foco relativamente largo, y, por tanto, fáciles de tallar, la corvadura exagerada de la lente única de foco cortísimo.

En los objetivos que hoy se usan, las diversas lentes constituyen un sistema inseparable, mantenido en una montura de latón de forma cónica, atornillable en el cabo inferior del tubo del microscopio. Cada objetivo contiene ordinariamente tres lentes: la *inferior ó frontal* de foco muy corto; la *media* de foco más largo, y la *superior* todavía menos convergente. Casi siempre

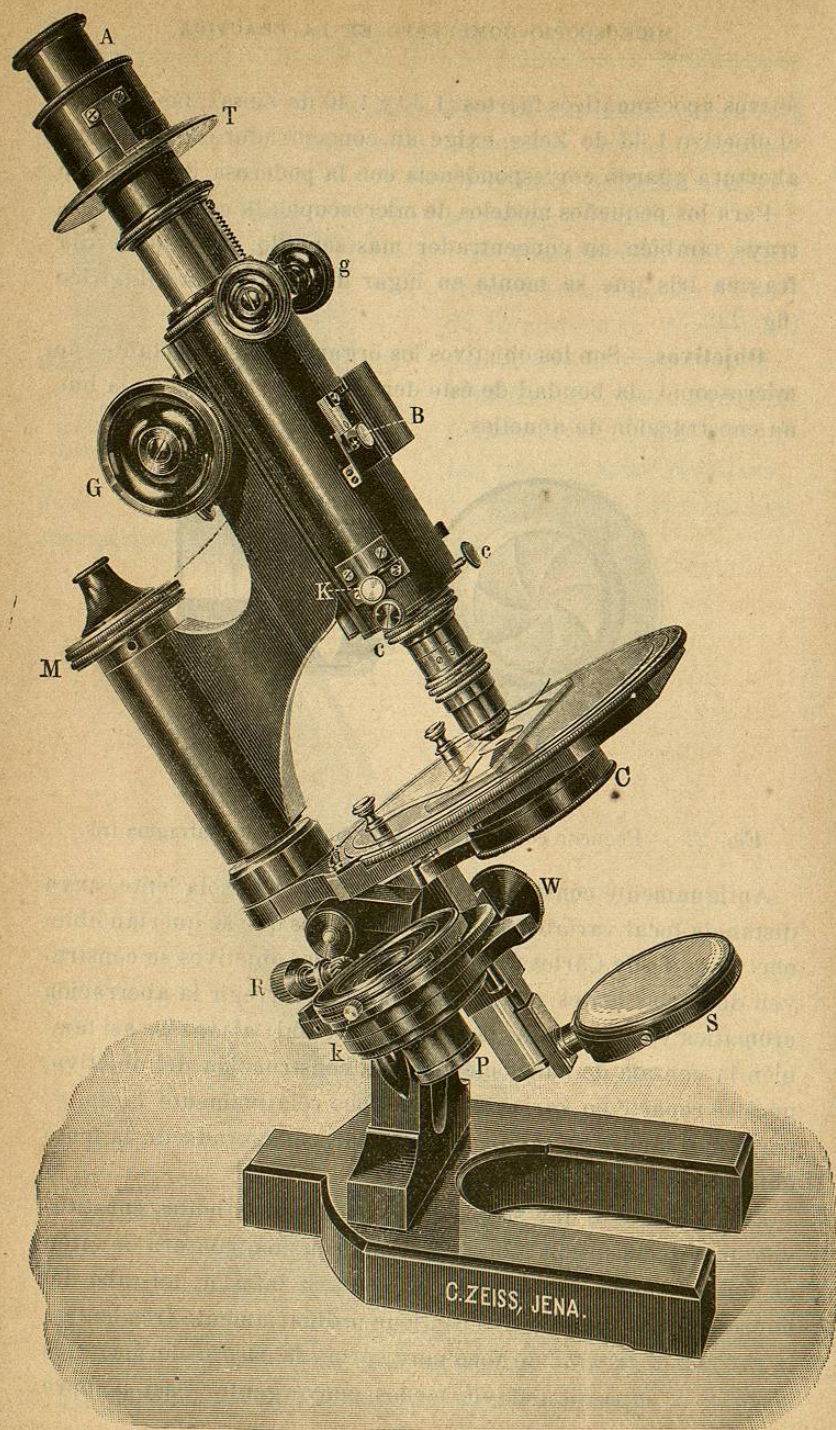


Fig. 23. — Gran modelo para la mineralogía.

la lente media está acromatizada, y la inferior se corrige con la superior, pues en ésta domina el *flint* (materia muy dispersiva) y en aquélla el *crown* (cristal poco dispersivo). Esta combinación de tres lentes, no reza ni con los objetivos de gran potencia, ni con los más débiles; pues aquéllos constan de cuatro lentes y éstos de una sola.

Varietades de objetivos. — Atendiendo á las condiciones de su empleo y al mecanismo de su construcción, los objetivos se dividen en: 1.º, objetivos á seco ú ordinarios; 2.º, objetivos de corrección; 3.º, objetivos de inmersión, y 4.º, objetivos apocromáticos.

Objetivos ordinarios ó á seco. — Son los que, cuando funcionan, tienen la lente inferior ó frontal separada de la preparación por una capa de aire.

Para aumentos medianos son tales objetivos excelentes. Los hay de varios números, según su distancia focal y poder amplificante. Distínguense entre sí, ya por letras (Zeiss), ya por números (Nacht, Verick). Actualmente, va adquiriendo boga una nomenclatura más racional, porque está fundada en la distancia focal y abertura

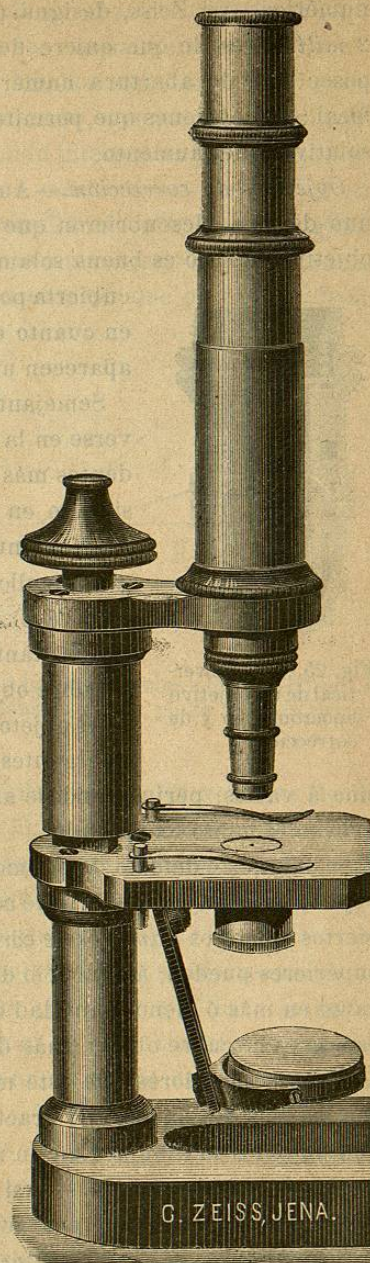


Fig. 24. — Modelo económico de microscopio Zeiss. Contiene un portadiafragmas cilíndrico y carece de iluminador y de cremallera.

numérica. Así Zeiss, designa uno de sus apocromáticos: $1,30$, 2 milímetros, lo que quiere decir que el objetivo en cuestión posee $1,30$ de abertura numérica y 2 milímetros de distancia focal; indicaciones que permiten juzgar *a priori* del poder resolutivo y del aumento.

Objetivos de corrección. — Amici y Ross, independientemente uno de otro, descubrieron que la imagen suministrada por los objetivos á seco es buena solamente cuando la preparación está cubierta por una laminilla de cierto espesor; en cuanto este espesor varía, las imágenes aparecen más ó menos confusas.

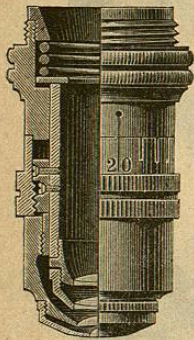


Fig. 25. — Corte vertical de un objetivo apocromático y de corrección.

Semejante defecto dimana, como puede verse en la figura 26, de que los rayos incidentes más oblicuos (A *a*) de un objeto O, situado en el espesor de un preparado, se desvían mucho más á su llegada al aire, que aquellos cuya dirección es menos inclinada (*e* E). La desviación de los rayos oblicuos es tanto mayor, cuanto más espeso es el cubre objeto. El ojo del observador, viendo el objeto en la prolongación de los rayos emergentes, no lo referirá á un solo plano,

sino á varios, perjudicándose al superponerse las distintas imágenes del punto examinado.

Se evita este defecto de dos modos: ó usando solamente cubre-objetos para cuyo espesor esté corregido el objetivo, ó utilizando ciertos objetivos llamados *de corrección*, en los cuales las lentes superiores pueden, á beneficio de un anillo y una tuerca, separarse en más ó menos cantidad de la lente frontal. Cuanto más espeso es el cubre-objeto, más deben aproximarse á la frontal las lentes superiores; de este modo los rayos periféricos, que son los más desviados, se refractarán más que los otros y la imagen de todos se dibujará en un mismo punto.

Objetivos de inmersión. — Así se designan los objetivos entre cuya lente frontal y la preparación se interpone un líquido, que en los *objetivos de inmersión ordinarios* es el agua destilada, pero que en los llamados *de inmersión homogénea*, es una subs-

tancia de índice de refracción análogo al del crown ($1,515$), tal como el aceite de cedro más ó menos espesado por evaporación.

Como ya demostró Amici hace muchos años, los objetivos de inmersión son, á igualdad de aumento, mucho más luminosos que los ordinarios; porque el líquido interpuesto modera la desviación que los rayos periféricos ó más oblicuos experimentan al emerger de la preparación, permitiendo que sean recogidos por la lente frontal. Poseen además estos objetivos una distancia frontal mayor que los objetivos á seco, lo que permite enfocar con mayor latitud y desahogo.

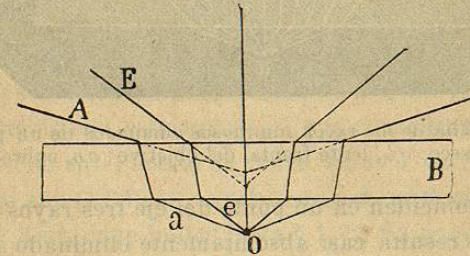


Fig. 26. — Influencia del espesor de la lámina cubre-objetos (B) en la marcha de los rayos luminosos emanados de un punto O de la preparación.

Las figuras 27 y 28 muestran claramente las ventajas de la inmersión. Los rayos incidentes (fig. 27) llegados del punto *a* de la preparación, al abordar la capa de aire, se desvían tan fuertemente, que no pueden ser recogidos por el objetivo; los que alcanzan el aire bajo un ángulo superior al ángulo límite del cristal al aire, sufrirán la reflexión total; mas si se interpone (figura 28) un líquido de igual índice que el crown, la desviación desaparece, porque la preparación, la lente frontal y el espacio separatorio, quedan convertidos en un medio casi del todo homogéneo.

Objetivos apocromáticos — Los objetivos ordinarios, ya funcionen en seco, ya á inmersión, están acromatizados solamente para dos rayos del espectro: el rojo y el azul; lo que se logra, como es sabido, combinando cristales de *crown* (cristal poco dispersivo) con lentes de *flint* (muy dispersivo).

Empero, recientemente, el profesor Abbe, de Jena, en colaboración con las casas Schott y Zeiss, ha inventado unos vidrios más ventajosos que los antiguos *crown* y *flint* para el logro de la corrección cromática de las lentes. Los objetivos construidos con estos cristales han recibido la denominación de *apocromáticos*.

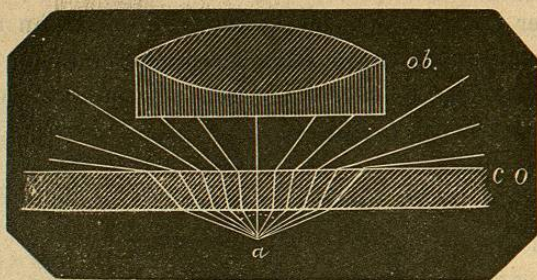


Fig. 27. — Marcha de los rayos luminosos emanados de un punto en los objetivos á seco: *o b*, lente frontal del objetivo; *c o*, cubre-objeto.

cos; en ellos coinciden en un punto del eje tres rayos del espectro, por donde resulta casi absolutamente eliminado el espectro llamado secundario de los objetivos comunes. La imagen es más pura y luminosa, y los colores de los objetos se muestran con gran fidelidad.

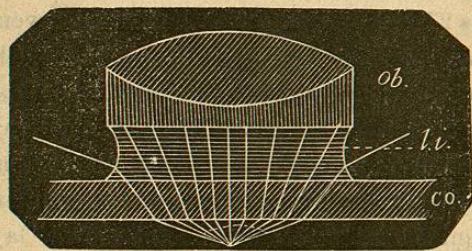


Fig. 28. — Marcha de los rayos emanados de la preparación en un objetivo de inmersión homogénea: *o b*, objetivo; *c o*, cubre-objeto; *l i*, líquido de inmersión. (Tomadas de Ellenberger).

Otra ventaja consiste en que la aberración de esfericidad, que en los objetivos ordinarios se corrige para un solo color (intermedio del amarillo y verde), en los apocromáticos está corregida para dos ondulaciones distintas del espectro.

Como más adelante tendremos ocasión de notar, los objetivos

apocromáticos son excelentes para la microfotografía, ya que, merced á la coincidencia focal de tres colores (rojo, azul y violetado), la imagen actínica ó fotográfica corresponde al mismo plano que la luminosa.

Objetivos de gran ángulo. — Las experiencias de Abbe han puesto fuera de duda, que el poder resolutivo del microscopio es función del ángulo de abertura del objetivo (véase más adelante el concepto de abertura). De aquí la necesidad de construir objetivos en donde todos los factores concurren al aprovechamiento de los rayos más desviados emergidos de la preparación, entre los cuales figuran los espectros de difracción producidos por las finas rayas y demás pormenores del objetivo examinado.

Bajo este aspecto, puede considerarse el objetivo 1,63 de abertura numérica construido por Zeiss, con arreglo á los cálculos de Abbe, como el último esfuerzo de la óptica moderna. Es de inmersión, pero no en el aceite de cedro, sino en un líquido de índice más alto aún (1,65), el *monobromuro de naftalina*. La lente frontal es de *flint*, cuyo índice llega á 1,72. Su poder resolvente es notable y superior á todo lo que hasta hoy habiase logrado, como atestiguan las experiencias microfotográficas de van Heurck. Mas, desgraciadamente (y esto limita mucho su empleo), el conveniente aprovechamiento de su total ángulo de abertura numérica, exige el empleo de un concentrador luminoso especial, cuya lente superior es de *flint* muy refringente, así como el uso de porta-objetos y cubre-objetos tallados en un *flint* de 1,72 de índice. Además, con él no pueden examinarse las preparaciones ordinarias, siendo preciso usar, como vehículo conservador, el mismo monobromuro de naftalina.