

REVISTA

DE LA

**ACADEMIA DE CIENCIAS**

EXACTAS, FISICO-QUIMICAS Y NATURALES

DE

ZARAGOZA

SERIE 2.<sup>a</sup>

TOMO II

FASCICULO 1.<sup>o</sup>



1947

## ÍNDICE

**ÍNDICE  
DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO**

	PÁGINA
Dedicatoria a D. Paulino Savirón .....	7
La herencia en el hombre .....	9
Límite de una suma de infinitos términos variables .....	54
Estudio Físico-Químico de Celulosa, Viscosa y Fibras .....	58
Preparación de aurotiosulfatos y estructura cristalina del sodio ...	133
Necrología .....	234



EXCMO. SR. D. PAULINO SAVIRÓN CARAVANTES

*Al aparecer este número de la Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de Zaragoza, esta Corporación, con profundo dolor, tiene que dar conocimiento del fallecimiento de su Presidente el Excmo. Sr. Dr. D. Paulino Savirón Caravantes (q. e. p. d.). La alta personalidad intelectual del Dr. Savirón, unida a una larga e intensa vida de trabajo científico y al cariño y afecto que despertaba entre cuantos le conocían, hacen que esta irreparable pérdida sea un rudo golpe que ha recibido esta Academia.*

*También la muerte nos ha arrebatado a nuestro Tesorero el Ilmo. Sr. Dr. D. Cipriano Aguilar Esteban (q. e. p. d.), hombre que por su gran amor al trabajo y a la investigación, así como por su bondad y alta cultura ha dejado igualmente un vacío difícil de llenar.*

*La Academia de Ciencias de Zaragoza —que en su día honrará, como se merecen, las figuras de estos dos queridos compañeros desaparecidos— manifiesta públicamente el sentimiento y pena que le han producido tan dolorosas pérdidas.*

# LA HERENCIA EN EL HOMBRE

DISCURSO PRONUNCIADO EN LA SESIÓN SOLEMNE  
CELEBRADA EL DÍA 24 DE NOVIEMBRE DE 1946, POR

PEDRO RAMÓN VINÓS



Excmos. e Ilmos. señores. Señoras y señores:

Me corresponde el gran honor de inaugurar el curso, 1946 al 47, de esta Academia de Ciencias, a pesar de ser uno de los más recientemente ingresados y, de seguro, el último en prestigio científico.

Os agradezco esta inmerecida muestra de distinción y confianza, y tened por cierto de que quisiera corresponder a ella ofreciéndoos algo digno de vosotros. Pero como no basta la buena intención, he de apelar a la benevolencia de todos confiando en que me será concedida como una prueba más de vuestra generosidad.

Es la herencia el tema que os dedico, quizá el más importante de la Biología. Estará de actualidad larguísimo tiempo, por difícil, por misterioso y por su enorme importancia. La inteligencia humana no tiene posibilidad de aclararlo. Por el momento, es impotente para explicar su mecanismo. No sólo se trata, en el fondo, de un problema biológico, sino que plantea otro mucho más importante: el problema religioso del origen y destino del hombre.

Todo se hereda. El aspecto exterior del individuo, su inteligencia, su fisiología, sus procesos patológicos, en una palabra, su personalidad. Admitido esto, la herencia se opone de una manera absoluta a la evolución y al transformismo como origen de las especies, y al nacimiento del hombre como último eslabón de la serie animal. Si todo se hereda de una manera fatal e inexorable, es imposible admitir que el hombre descienda de nadie más que de sí mismo. El hombre ha tenido que ser creado.

## LA HERENCIAS EN EL HOMBRE

**GENERALIDADES.** — Herencia es la transmisión a los hijos, en el acto de la concepción, de los caracteres o cualidades de los padres.

Todo hijo no es más que el resultado de la fusión de un óvulo y de un zoospermo. Es en éstos en donde están representados todos los caracteres de la herencia de los padres. Su transmisión se verifica por medio de las células sexuales, es decir, por conducto del plasma germinal. Mas como el plasma germinal de los padres proviene a su vez del de los suyos

y éste de los anteriores, etc., se establece una continuidad a través de las generaciones, encontrándose en los hijos los mismos caracteres que nuestros padres recibieron de sus antepasados.

A estos caracteres personales transmitidos por herencia, o sea, a los factores hereditarios que los representan, les damos el nombre de *genes*, y la suma de todos los factores constituye el *genotipo* —cuadro hereditario—, para distinguirlo de otros signos o manifestaciones que tiene un individuo debidos a influencias del ambiente, a factores que han actuado sobre él durante la vida —educación, alimentación buena o mala, enfermedades, intoxicaciones, calor, luz, humedad, género de vida, daños producidos por el trabajo, choques psíquicos, etc.—, y que componen el cuadro adquirido o *paratipo*. La suma de ambos, *genotipo* y *paratipo*, conforma el *fenotipo*, que es el conjunto de todos los caracteres perceptibles al exterior, es decir, la personalidad del individuo.

La condición hereditaria de un signo o de una enfermedad se reconoce solamente por su frecuencia estadística dentro de un determinado círculo de parentesco y, sobre todo, en una determinada raza. Es en la fecundación, y a través de los cromosomas respectivos, cuando se transmiten los factores hereditarios. La primera célula embrionaria —zigote— recibe exactamente la misma cantidad de substancia y, por lo tanto, de cromosomas del padre y de la madre. Por consiguiente, en las ulteriores divisiones celulares del huevo fecundado cada célula del embrión y del individuo en vías de desarrollo presenta la misma masa hereditaria, o sea, la mitad de los factores hereditarios del organismo paterno y la mitad de los del materno. Pero como todas las células del organismo humano, óvulos y zoospermios inclusive, proceden de la reunión sexual de la generación anterior, el huevo fecundado no solo contendrá factores hereditarios de los dos progenitores, sino también de los abuelos, bisabuelos, etc. Por lo tanto, los hijos reciben de sus padres los mismos caracteres que heredaron de sus ascendientes.

Los factores hereditarios o genes están fundamentalmente ligados a los cromosomas, que existen en igual número en el óvulo y en el zoospermio. La especie humana posee 48 cromosomas. Y en estos 48 cromosomas se contienen el gran número de sus factores hereditarios, existiendo, por lo tanto, y con relativa independencia, numerosos grupos de genes en cada cromosoma. Podemos imaginarnos cada cromosoma compuesto de muchos elementos que se denominan *cromómeros*. La disposición de estos cromómeros parece ser fija y su acoplamiento, a veces, variable. (Weisman).

Al producirse la maduración —que es un proceso de división reductora—, los 48 cromosomas que contiene el ovocito se separan y se expulsa la mitad (2.<sup>o</sup> corpúsculo polar), quedando la otra mitad, 24 cromosomas, en el pronúcleo femenino. Igual proceso reductor sufren los 48 cromosomas del espermatozoo de 2.<sup>o</sup> orden, separándose la mitad en cada una de las células hijas o espermáticas que se transforman a continuación en zoospermios. Lo mismo que el óvulo, cada zoospermio contendrá 24 cromosomas y al fusionarse los dos se reconstituirá el número de 48, específico de la especie.

Cuando un ser ha recibido por herencia del padre y de la madre los mismos factores se le denomina *homocigótico*. Entonces, los descendientes se parecen por completo a los padres y ellos mismos entre sí, mientras no se produzcan ciertas variaciones de su organismo en el transcurso de la vida por acción del ambiente. Una igualdad tan absoluta de las masas

hereditarias del padre y de la madre solo se da en las plantas y especies animales cultivadas y criadas con absoluta pureza; nunca en la especie humana.

Si los organismos paterno y materno presentan diferencias en un par o varios pares de sus factores hereditarios, los hijos serán *heteroigóticos*. Y a esta generación hija se le denomina *mestiza o híbrida*.

**CROMOSOMA SEXUAL.** — En algunas especies de animales se ha visto que un sexo tiene un cromosoma más que el otro. En la mayoría de los casos, gusanos, mamíferos y probablemente también en el hombre, el sexo femenino tiene un cromosoma más que el masculino, siendo para el primero un número par e impar para el segundo. En el sexo masculino todos los cromosomas son pares, menos uno, que no tiene pareja, y por su forma y tamaño también es distinto de los otros. A este cromosoma se le denomina cromosoma X o heterocromosomas. Por el contrario, el sexo femenino posee dos cromosomas X o heterocromosomas, también desiguales en tamaño y en forma a los restantes.

Ya Gregorio Mendel había presumido que la determinación del sexo dependía de la segregación o disociación de algún carácter. Al volver a discutirse las leyes mendelianas se obtuvo muy pronto la confirmación de esta sospecha en numerosos experimentos de Castle, Correns y Morgan. Todo se comprobó de un modo brillante y definitivo en investigaciones citológicas, observando la manera de comportarse los cromosomas. El hecho de que en general se produzcan en proporción numérica igual, o muy aproximados ambos sexos, llevó a pensar que su herencia se ajusta a un proceso de bastardos monohíbridos, uno heteroigótico y otro monozigótico recesivo. En la mayoría de los casos, y también por lo que respecta a la especie humana, según Bauer, el sexo femenino es homozigótico y el masculino heteroigótico.

Las células femeninas tendrán 48 cromosomas + 2 cromosomas X, y las masculinas 48 cromosomas + 1 cromosoma X. En la reducción de las células sexuales se originarán gametos femenitos con  $24 + X$  cromosomas y los masculinos serán una vez de  $24 + X$  cromosomas y otra vez de 24 cromosomas solamente. Al conjugarse los gametos femeninos con los masculinos se darán las siguientes posibilidades:

Zoospermo tipo  $24 +$  óvulo tipo  $24 + X = 48 + X$ . Varón.

Zoospermo tipo  $24 + X +$  óvulo tipo  $24 + X = 48 + 2X$ . Hembra.

Por todo lo anterior vemos que la determinación del sexo tiene lugar en el momento de la fecundación, imprimiéndose una dirección determinada al desarrollo del embrión que concluye por adquirir ovarios o testículos, según que sus cromosomas sexuales correspondan a los de la hembra o a los del varón.

**Naturaleza de los factores hereditarios.** — Se pueden concebir los factores hereditarios como unidades plásticas de los fenómenos de la herencia. La regularidad con que se comportan los genes está de acuerdo con los procesos de los cromosomas durante la mitosis reductora. Esto lleva a la convicción de que los cromosomas son los vectores materiales de los factores hereditarios. Por lo tanto, cada cromosoma es el vehículo material de todo un número de factores, y cada factor corresponde a un sector cromosómico determinado.

Los genes son partículas elementales pequeñísimas que poseen las propiedades vitales indispensables: 1.<sup>a</sup>, la capacidad de crecer por asimilación de substancias que transforman en materia propia; 2.<sup>a</sup>, la capacidad de reproducirse por división. Estos dos hechos, de crecer y reproducirse, nos conduce a admitir que se trata de materia viva, con morfología y substancia propias. La producción, por ejemplo, de miles de millones de zoospermios en el varón a expensas de la célula germinal masculina, poseyendo cada uno de ellos la misma cantidad de masa cromática y de caracteres hereditarios, aunque de distinta calidad por efecto de la mitosis reduccional, es prueba del carácter plástico de los factores hereditarios. Sin embargo, todo esto no pasa de una mera suposición, ya que, hasta el día de hoy, la naturaleza verdadera de dichos factores es un completo misterio.

Según Johannsen, lo que los genes o unidades de herencia sean en realidad es un problema sin resolver. La verdadera naturaleza, la esencia del cimiento genotípico de los organismos no puede ser intuída más profundamente. De qué modo los distintos factores genotípicos, los genes, actúan y cooperan para desarrollar las reacciones que se nos manifiestan como caracteres, son cosas que ignoramos. Para este autor los genes son las unidades con que se opera en el estudio de la herencia.

Es indiscutible, que mediante maravillosos procesos desconocidos para nosotros, ha podido formarse, de un modo natural, una substancia contenida en la célula óvulo o en la cabeza de un zoospermo, todavía más pequeña, y en tan escasa cantidad que a duras penas ha podido ser pesada o medida. Y que ésta substancia es la base de los más complicados procesos evolutivos, dirigidos en sentido determinado. Tiene, en potencia, la facultad de crear numerosos órganos que cooperan armónicamente entre sí, algunos de ellos tan admirablemente construidos, como el ojo —el órgano mejor logrado, según Cajal— o bien, como el cerebro con su inextricable red de vias nerviosas. (Hertwig).

Para salvar la dificultad de que tan pequeña cantidad de materia pueda contener un número tan enorme de factores particulares e independientes, como suponen tantos caracteres somáticos, fisiológicos, humorales, psíquicos y patológicos de que el hombre se compone, ya Nageli, con su teoría mecánico-fisiológica de la descendencia, admitía, para cada diferencia, no un símbolo particular, sino una superposición de un número limitado de elementos, obteniéndose por las numerosas combinaciones posibles toda clase de diversidades. Para aclarar esto, Hertwig, en su Biología general, se ha servido de varias imágenes. Aun cuando, dice, las letras del alfabeto son pocas, con ellas pueden formarse palabras y, con ellas, a su vez, frases, cuyo sentido puede ser extremadamente variado. La sucesión en el tiempo de un pequeño número de notas, con sus innumerables combinaciones, pueden producirse numerosas armonías. En la química, prueban los albuminoides cómo un pequeño número de elementos combinados bastan para producir compuestos de moléculas gigantes, con propiedades características, y como, cualquiera de ellos, al substituir un radical puede cambiarse en otro. ¿Cuánto más susceptible de variación no será la substancia de una célula específica, ya que no sólo se compone de muchos albuminoides, sino que a su vez éstos suministran el material para los compuestos biológicos más complejos?

De todo lo anterior resulta que el gene es algo que no puede definirse con precisión fisiológica ni morfológica.

### LAS LEYES DE MENDEL EN LA HERENCIA HUMANA

La transmisión de los caracteres de una pareja de padres heterocigóticos a la generación siguiente, y de ésta a las sucesivas, está regida por las leyes descubiertas por Mendel, que han resultado ciertas, no sólo para las plantas y para los animales, sino también para el hombre.

El comportamiento de los cromosomas humanos, independientes entre sí y libremente móviles, coincide con el de las unidades hereditarias, como está previsto en las leyes de la prevalencia o de la uniformidad, de la disociación y de la independencia de los caracteres.

La prueba práctica para esta deducción nos la dió la naturaleza con los llamados bastardos de Rehoboth, en los cuales se presenta, por decirlo así, un ensayo de cruzamiento entre personas de razas distintas.

En el África sudoccidental se casaron los inmigrantes de la Baja Alemania, colonizadores del África Alemana, con muchachas hotentotes. Entre sus descendientes, los bastardos, se desarrolló, debido a las vejaciones de que eran objeto, una fuerte cohesión, que se tradujo en que estos mestizos contraían matrimonio casi exclusivamente entre ellos. Así se formó muy pronto un pueblo de mestizos que se han denominado bastardos de Rehoboth por el lugar donde viven.

El antropólogo e investigador en cuestiones de herencia, Eugenio Fischer, estudió en total 23 árboles genealógicos de estos mestizos, y pudo comprobar toda una serie de caracteres que siguen en su comportamiento hereditario las leyes mendelianas.

Sin embargo, la comprobación en la raza humana de las leyes mendelianas tropieza con enormes dificultades y hay que examinar un grandísimo número de individuos. Fijémonos en el sexo, en el que interviene un solo factor monogenético. Si nos referimos solamente a algunas familias, veremos que aunque teóricamente la mitad de los hijos deben ser de cada uno de los sexos, hay muchos matrimonios que tienen seis u ocho hijos del mismo sexo, o mayor cantidad del uno que del otro. Esto prueba que un mayor número de óvulos ha sido fecundado por el mismo tipo de zoosperma, a pesar de existir en la semilla en igual proporción las dos variedades de éstos. En un pueblo, o en una nación, entre millones de nacidos, encontramos equiparados ambos sexos, con una ligera diferencia en favor del femenino.

En la familia humana, repetimos, es casi siempre imposible el confirmar las leyes de Mendel debido a la limitada descendencia, siendo realmente una casualidad encontrar casos en que puedan comprobarse. Por último, queda siempre la duda de que los árboles genealógicos sean verdaderos por lo que respecta a la línea paterna. Aumenta la imposibilidad si tenemos en cuenta que las propiedades y caracteres orgánicos, lo mismo morales que patológicos, son debidos la mayor parte de las veces, no a un solo factor, sino a una reunión de varios. Generalmente hay que calcular que los caracteres hereditarios son de tipo polihíbrido y no monohíbrido. Este hecho, así como el cambio alternativo de un carácter en dominante y recesivo, como también el que la manifestación de un carácter hereditario dependa, muchas veces, de la acción de factores internos y externos, y, por último, el que exista una correlación recíproca entre distintos fac-

tores genéticos, son todos motivos que aumentan las dificultades con que tropezamos para comprobar si se trata de un caso determinado de herencia dominante o rícesiva, o si con respecto a un carácter, un individuo es homo o heterozigótico.

#### FENOMENOS HEREDITARIOS EN EL HOMBRE

##### HERENCIA DE LOS CARACTERES SOMÁTICOS

Podemos observar a diario que con frecuencia los abuelos, padres, hijos, hermanos y demás coinciden entre sí en ciertos caracteres personales y somáticos. Muchas veces, es posible reconocer inmediatamente si una persona pertenece a una familia determinada, a causa de características especiales o por su figura en conjunto, aunque no se la conozca personalmente. Esta gran coincidencia, observada dentro de las familias, es debida a la herencia, porque el distinto tamaño del cuerpo, el color de los ojos, del pelo, de la piel, la forma del cráneo, de la nariz, de los labios y otros caracteres están condicionados por la herencia.

Es de observación corriente el extraordinario parecido que tienen con sus padres la mayoría de los hijos. En muchos casos el parecido es, preferentemente, con uno de ellos, y para reconocerlo y poder apreciarlo con exactitud no hay más que comparar a los hijos con fotografías de sus padres hechas a la misma edad, porque es natural que resalte más la semejanza si no hay gran diferencia de años. Ocurre, con frecuencia, que el niño se parece durante algún tiempo a uno de los padres, y después desaparece esta semejanza para adquirir definitivamente la del otro. Para explicar esto hay que admitir una mayor valencia en los genes del uno, que obrarían como carácter dominante sobre los del otro, que quedan ocultos, hasta que andando el tiempo adquirirían estos últimos mayor potencia e inhibirían a los anteriores, borrándolos a su vez.

Asombra el notar el enorme parecido que tienen muchos de nuestros amigos con sus padres, que conocimos cuando éstos tenían nuestra edad actual, parecido, no sólo físico, sino lo más sorprendente, también espiritual, con la misma manera de pensar, de obrar, con idéntica moral, igual modo de ver la vida, iguales ideas religiosas y políticas, etc.

Muchas veces, el hijo, antes de semejarse a sus padres, lo hace, pasajeramente, a alguno de sus antepasados. Y es más de notar este parecido cuando éstos pertenecían a distinta raza. Recuerdo el caso de un matrimonio andaluz con los caracteres propios de los individuos de esta región. Era el cuarto parto que asistía a la mujer y me sorprendieron los rasgos del recién nacido. Parece un chino—exclamé asombrado—. No me extraña—contestó el padre—; mi abuela era tagala. A los pocos meses pertenecía el niño a la misma raza que sus hermanos.

Del parecido entre parientes próximos poco hemos de decir. A todos nosotros nos habrá sucedido ser objeto de confusión por personas desconocidas que nos saludan tomándonos por uno de nuestros hermanos. Ocurre esto cuando la diferencia de edad no es muy grande.

También nos parecemos a muchos de nuestros antepasados, por lejanos que estén. La demostración la tenemos examinando las galerías de retratos

de familias aristocráticas. En dichas galerías, y con intervalo, algunas veces, de siglos, se repiten los tipos con extraordinaria frecuencia. Citaremos, como ejemplo, la gran similitud de nuestro último rey, Alfonso XIII, con su antepasado Felipe IV, con una distancia de cerca de trescientos años.

La comprobación científica exacta de la transmisión hereditaria de los caracteres somáticos se ha efectuado ya varias veces y de modos distintos. Por medio de datos estadísticos se investigan fácilmente las medidas corporales, y así, Galton comprobó la talla en gran número de familias y encontró que los padres altos tienen, en general hijos altos. La talla media, dentro de ciertos límites de variación, está regulada por la herencia. Y no solamente la talla, sino también las longitudes individuales de los miembros del cuerpo están sujetas a las citadas reglas. La transmisión de las características externas se ha podido comprobar mejor con la investigación de los gemelos, como se han demostrado también, con investigaciones muy detalladas, las normas hereditarias de muchos caracteres somáticos, que, en general, son más complicados cuando se trata de la transmisión de los caracteres patológicos.

Las investigaciones realizadas acerca de la transmisión del color de los ojos, han dado como resultado que el color oscuro se transmite como dominantes y el claro como recesivo. Los padres de ojos claros solamente tendrán hijos con ojos claros. No es factible, sin embargo, limitarse a la sencilla distinción entre claro y oscuro, porque el iris puede tener diversos grados de color, es decir, pardo, amarillo claro, gris, verde o azul. Estas graduaciones se basan en la ausencia parcial de algunos principios pigmentarios y están condicionadas por la herencia. Pero no se puede admitir una simple disociación mendeliana en la transmisión del color, y hay que suponer la existencia de una serie de pares factoriales que causan los distintos matices del iris. En el caso de una completa ausencia de los principios colorantes, los ojos tienen aspecto rojo (albinismo) por transparentarse el color de los capilares del iris, que es incoloro. Se trata de factores hereditarios que obran en el mismo sentido (polimería).

El color rojo del pelo es un carácter hipostático y recesivo que, según Bauer, está ligado corrientemente a las efélides. El que en los niños vaya oscureciéndose el pelo debe considerarse como cambio de valencia dominante. La intensidad del rizado del pelo depende de que sea de naturaleza homo o heterozigótica. Si es ligeramente rizado, con seguridad es de carácter heterozigótico. También en este carácter hay cambio de dominancia, pues el rizado del pelo disminuye pasada la niñez. La abertura parpebral recta es dominante sobre la oblicua. La nariz estrecha es dominante sobre la ancha y, desde luego, esta dominancia se va desarrollando a partir del nacimiento. En los cruces de judíos con otras razas se comportan estas últimas como dominantes con respecto a los primeros. Las huellas dactilares son hereditarias y también juegan en ellas, con seguridad, factores poliméricos.

El color de la piel no se comporta como carácter mendeliano. Por lo menos no es susceptible de completa disociación ni de independencia en la progenie, como se ha observado en numerosos casos. El mulato es indudablemente un híbrido en el cual se superponen imperfectamente los caracteres aportados por los progenitores a excepción del pelo y de los rasgos fisionómicos, que son casi siempre los del individuo negro. En la coloración de la piel se observa una diversidad de tonos. Pero del matrimonio de mulatos no nacen nunca individuos completamente blancos. Y si las

uniones sucesivas tienen lugar entre un mulato y un blanco, el color negro puede diluirse en las sucesivas generaciones sin llegar a desaparecer por completo. Bien es verdad que cuando se comparan individuos de una misma generación se puede observar una gran variabilidad en el tono de la piel, cuya coloración fluctúa entre dos extremos representados por individuos casi negros y otros casi completamente blancos.

#### HERENCIA DE LAS FACULTADES INTELECTUALES

Es corriente reconocer la cualidad hereditaria de las facultades intelectuales en los casos en que este carácter predomine en una familia. Galton ha comprobado por medio de las estadísticas, que las personas que tienen parientes de gran inteligencia poseen sus hijos idéntico carácter en una proporción numérica superior a la media normal. Investigaciones llevadas a cabo en diferentes países han dado como resultado que los grandes talentos se encuentran en familias en las que la inteligencia está mucho más desarrollada que en las demás y, en efecto, podemos recordar familias que nos darán una serie de ejemplos convincentes.

Investigando Rath el parentesco de numerosos hombres célebres con la intelectual Regina Burkhardt y su marido Carl Bardell, que vivieron a principios de siglo XVII en Tübingen, encontró como descendientes directos de este matrimonio, entre otros, a los poetas Uhland, Hodderling, Gerok, el filósofo Schelling y toda una serie de hombres famosos de Württemberg. La mayoría de los miembros de la familia citada eran altos funcionarios públicos que poseían gran cultura, especialmente en las líneas colaterales de sus individuos. De todo esto resulta que se fueron acumulando continuamente valiosos caracteres hereditarios de las líneas colaterales por medio de matrimonios. Se realizó una cuidadosa selección de las mujeres que condujo a buenos resultados.

Se admite la condición hereditaria de determinadas cualidades o aptitudes familiares para las matemáticas, inventos, servicios organizados y caudillos. De la familia de matemáticos Bernoulli descendieron ocho matemáticos ilustres, y de la familia Siemens han surgido cuatro inventores conocidos.

Estudiando algunas familias de sabios en determinado aspecto científico, se observan afinidades de algunos de sus parientes. Por ejemplo, en el diagrama genealógico del célebre investigador y naturalista Darwin figura un primo suyo, Galton, que fué fundador de la estadística de las variaciones, y ambos son figuras sobresalientes de la historia de la humanidad. Pero aparte de ellos encontramos familiares suyos, hombres inteligentes que rindieron grandes servicios a las ciencias médicas y colaterales.

También se ha podido comprobar la transmisión hereditaria de disposiciones especiales para el arte: música, pintura y escultura.

Entre las numerosas familias con genio musical, figura en primer lugar la familia Bach, que en cinco generaciones seguidas reunió 34 individuos con aptitudes musicales, y de ellos, más de la mitad sobresalieron en dicho arte. Comenzó la familia por Veit Bach que vivió en Turingia. Era molinero y tenía gran afición a tocar la guitarra. Tuvo dos hijos con una incli-

nación hacia la música todavía mayor. Uno de ellos tuvo ocho hijos, de los cuales, tres sobresalieron como músicos, y así hasta Juan Sebastián Bach, nacido en 1685. En este se acumularon un gran talento musical, una rica vida interna y una facultad creadora que le hizo sobresalir, con mucho, de los demás miembros de su estirpe, a pesar de la gran disposición de todos para la música. Juan Sebastián Bach se casó dos veces y tuvo veinte hijos; todos ellos con buenas aptitudes musicales. Su primera mujer era prima suya y de sus cinco hijos, tres alcanzaron fama. Estos han sido designados con el nombre de las poblaciones donde residieron, y así tenemos a Bach de Halle, Bach de Berlín y Bach de Bückeburg. Este último tuvo un hijo célebre como músico y director de orquesta. Entre los hijos de su segundo matrimonio dos fueron laureados: uno de ellos fué el Bach de Londres, llamado así por su actuación como director de la orquesta real inglesa.

También en las familias de Beethoven, Mozart y Mendelsohn se encuentran miembros que tuvieron una especial disposición para la música. Hechos análogos se observan en las estirpes de pintores y escultores, de los que como ejemplo más conocido podemos mencionar a los nueve pintores parientes del Ticiano.

Un expresivo ejemplo de herencia mental en sus dos aspectos de fortaleza y debilidad lo tenemos en la familia americana de Kallikak. Todo el diagrama genealógico se reduce a un padre de origen y dos madres de distintas familias. El padre era Martín Kallikak, hijo de unos honrados y hacendosos labradores. Durante la guerra de la independencia americana conoció en una hostería, siendo soldado, a una muchacha débil mental. De sus relaciones con ella nació un hijo ilegítimo, cuya descendencia no pudo ser más desplorable. Comprende, hasta la fecha de las investigaciones de Goddar, a 480 descendientes directos, que han continuado produciendo descendencia hasta nuestros días. Estos descendientes, en su mayoría, llevaron una vida miserable y vagabunda, dando lugar a una gran mortalidad infantil, a débiles mentales, dipsomaniacos, inmorales y criminales.

De entre los 480 descendientes se conocen 82 muertos prematuros, 143 débiles mentales, 36 hijos ilegítimos, 33 prostitutas, 24 alcohólicos, 3 epilépticos, 8 dueños de prostíbulos y solamente 46, o sea, el 10 por 100, de personas normales, sin que se tengan noticias de las restantes.

El mismo protagonista de este estudio, Martín Kallikak, se casó después con una mujer sana y sin tara hereditaria, de cuyo matrimonio resultó un grupo de hombres sanos y capacitados. Esta rama legítima contaba, hasta el momento de ser investigada, de 496 descendientes, entre los que solamente se hallaron dos alcohólicos y un pervertido moral. Los restantes eran personas inteligentes y capaces, y algunos sobresalieron como artistas, estudiosos y altos funcionarios.

El ejemplo de esta familia nos demuestra que hay que admitir el carácter transmisible de cuanto se refiere a las facultades mentales, en sus dos aspectos: debilidad mental, inmoralidad y criminalidad, y, por otro, el talento, la fuerza de voluntad y la sensatez.

Para confirmar la transmisión de la mentalidad se han realizado numerosas investigaciones en la población escolar. Manejando muchas cifras se ha podido relacionar los rendimientos intelectuales de los escolares con los de sus padres, habiéndose llegado a la conclusión de que el porcentaje mayor de niños inteligentes corresponde a los matrimonios cuyos miembros dieron pruebas de buena mentalidad, y, a la inversa, la deficiencia

mental correspondía a los padres de baja mentalidad. Cuando esta era diferente en cada uno de los miembros del matrimonio, los valores de la frecuencia para los dos caracteres, inteligente y deficiente, de los hijos, coincidían aproximadamente en una cifra media.

Comparando la mentalidad de los niños no solo con la de los padres, sino también con la de los abuelos, se ha podido comprobar, que los niños mejor dotados son descendientes de los abuelos más intelectuales, aproximándose más a los abuelos que a los padres. Esta clara correlación entre las dotes intelectuales de los abuelos y la de sus nietos, solamente puede explicarse por hechos de la transmisión hereditaria.

#### HERENCIA PATOLÓGICA

Es en la herencia patológica del hombre donde se cumplen con mayor exactitud las leyes mendelianas. Hay procesos patológicos transmisibles a la descendencia a través del plasma germinal, encontrándose, por lo tanto, en los cromosomas, factores portadores de dicho carácter morboso. Las células sexuales serán portadoras de un par de factores patológicos iguales o distintos. En el primer caso, el individuo es homozigótico con respecto a aquel proceso, y, en el segundo, heterozigótico. Generalmente los padres son heterozigóticos, pues es rarísimo que ambos desciendan de individuos con la misma tara patológica. Los factores pueden ser dominantes o recesivos. Si son heterozigóticos, el factor normal, sano, acompaña al dominante o al recesivo, enfermo. En el primer caso, el factor normal o sano queda latente e inhibido por el factor enfermo o dominante. En el segundo caso, el factor normal o sano obra como dominante y el patológico, recesivo, queda oculto. Por último, el factor patológico puede estar incluido en el cromosoma sexual, y entonces se habla de transmisión ligada al sexo.

Todo matrimonio hay que considerarlo en el terreno biológico como un cruzamiento, y hay que admitir los tres casos siguientes en los enlaces matrimoniales:

I. Sano con sano. — II. Sano con enfermo. — III. Enfermo con enfermo.

#### TRANSMISIÓN DE UNA ENFERMEDAD DOMINANTE

En general, se presenta el factor dominante con una letra mayúscula o con un signo negro, y el factor recesivo con una minúscula o con un signo blanco.

Si el factor hereditario *enfermo* es dominante y lo representamos por *A* y el sano por *a*, tendremos entonces, que *AA* y *Aa* son personas enfermas, y *aa* sanas.

En los tres casos distintos de cruzamiento con enfermedad dominante obtendremos las siguientes probabilidades en el estado de salud de la descendencia:

I. Sano con sano: una probabilidad

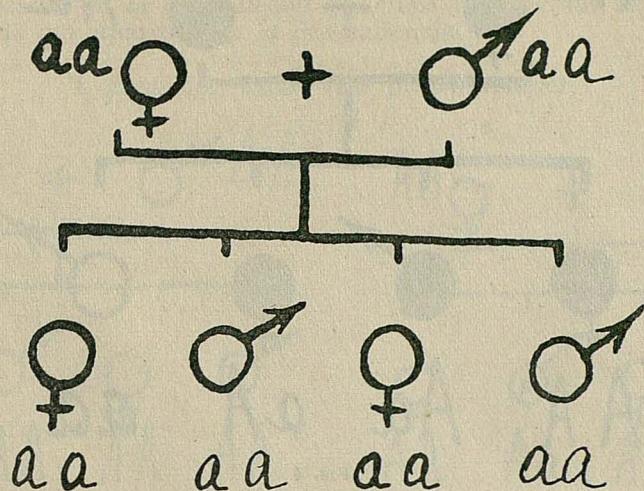


FIG. 1  
Solamente hijos sanos

II. Enfermo con enfermo: tres probabilidades

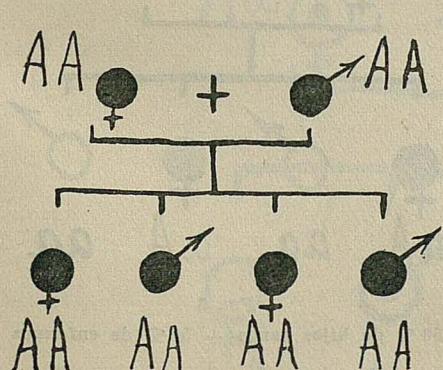


FIG. 2  
Solamente hijos enfermos.

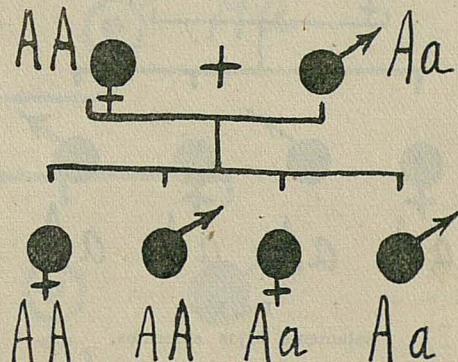


FIG. 3  
Solamente hijos enfermos.

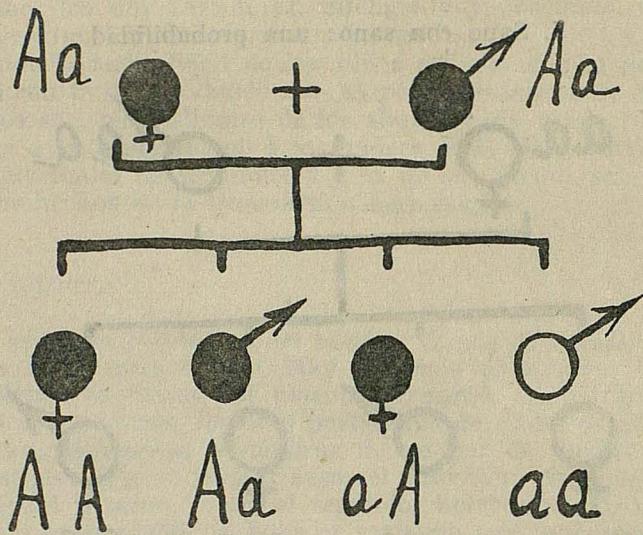


FIG. 4

75 % de hijos enfermos + 25 % de sanos

III. Sano con enfermo: dos probabilidades

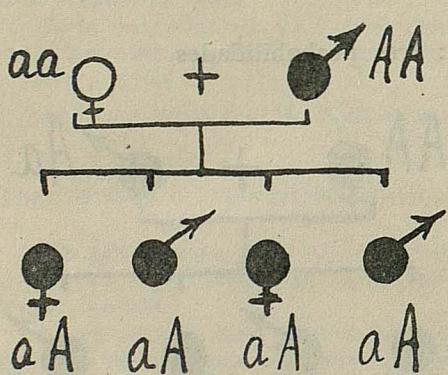


FIG. 5

Solamente hijos enfermos.

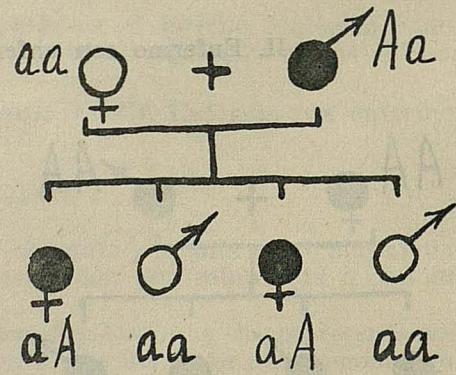


FIG. 6

50 % de hijos sanos + 50 % de enfermos

Podemos poner como ejemplo para explicar mejor la transmisión dominante la herencia de los dedos cortos. La proporción numérica de esta rara deformidad de los individuos tarados en relación con los sanos en una familia de 69 miembros, es de 36 a 33, y, por lo tanto, aproximadamente de 1 : 1 De esta proporción se deduce que es tara dominante, ya que aparece con tan gran frecuencia en los descendientes.

#### TRANSMISIÓN DE UNA ENFERMEDAD RECESIVA

Si el factor hereditario *enfermo* es recesivo y le representamos por *a*, y el *sano* por *A*, entonces *AA* y *Aa* son las personas sanas y *aa* las *enfermas*.

En los tres casos distintos de cruzamientos matrimoniales con esta herencia recesiva de la enfermedad podemos obtener las siguientes probabilidades de que aparezca en la descendencia.

I. Sano con sano: tres probabilidades.

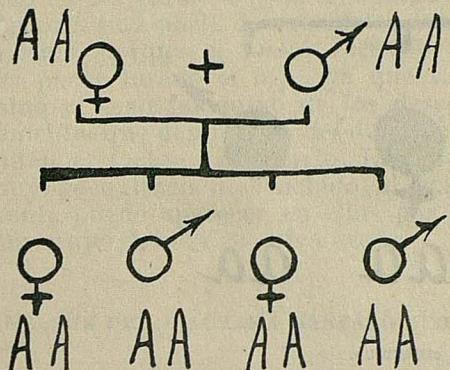


FIG. 7

Solamente hijos sanos.

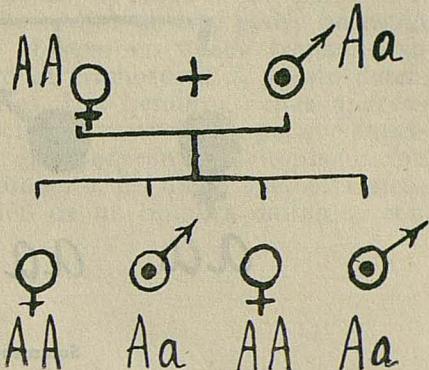


FIG. 8

Solamente hijos sanos. De estos el 50 % completamente sanos y el otro 50 % con tara latente.

Los de tara latente no presentan la enfermedad, pero transmiten el factor *enfermo* al 50 % de sus descendientes.

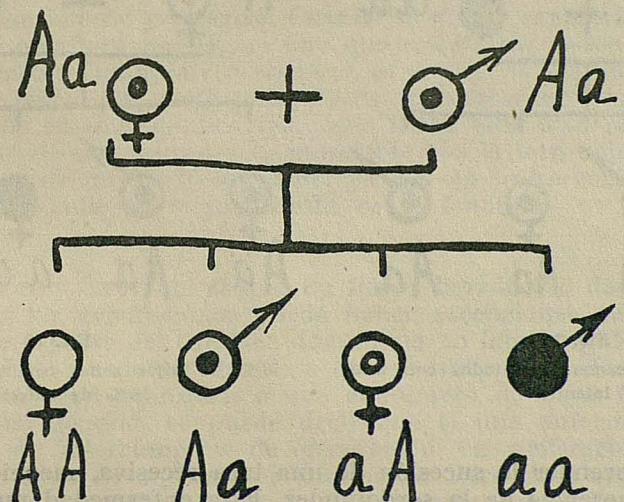


FIG. 9

75 % de hijos sanos + 25 % enfermos. Del 75 % de hijos sanos el 25 % son completamente sanos + 50 % con tara latente.

II. Enfermo con enfermo: una sola probabilidad

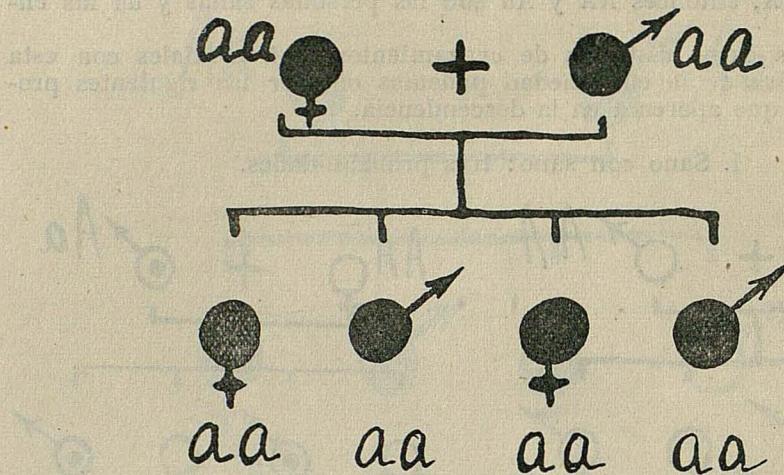


FIG. 10  
Solamente hijos enfermos.

III. Sano con enfermo: dos posibilidades

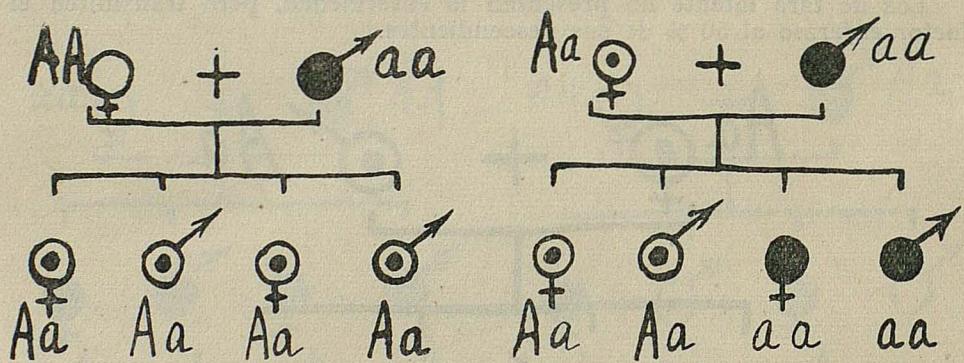


FIG. 11  
Solamente hijos sanos pero todos con tara latente.

FIG. 12  
50 % de hijos sanos con tara latente y el 50 % de enfermos.

Para comprender la sucesión de una tara recesiva, mencionaremos un ejemplo: la herencia de la sordomudez. Esta enfermedad puede aparecer en una generación aunque los padres no presenten síntomas de ella. Son portadores, por lo tanto, del factor recesivo. La proporción numérica es aproximadamente de 3 : 1.

#### TRANSMISIÓN HEREDITARIA LIGADA AL SEXO

Un factor hereditario ligado al sexo no puede transmitirse jamás del padre tarado al hijo; pero si a un nieto varón a través de la hija. Un carácter ligado al sexo es, por ejemplo, el daltonismo. Los tarados con esta enfermedad no pueden distinguir los colores rojo y verde, a causa de un estado anormal de la estructura retiniana. El defecto se manifiesta sólo en los varones, y se transmite a través de las hijas de un padre daltónico a una parte de sus nietos varones. Los hijos de este padre no están tarados, porque el factor recesivo ligado al sexo no puede transmitirse del padre tarado al hijo, ya que va unido al cromosoma X y éste determina el sexo femenino de los descendientes. Las hembras sanas aparentemente, que descienden del daltónico se denominan vectoras, porque transmiten el factor hereditario. Las mujeres que padecen el daltonismo son muy poco frecuentes debido al comportamiento de dicho factor. Unicamente puede aparecer en ellas por la unión de un hombre daltónico con una mujer tarada recesivamente.

#### ANÁLISIS DEL DIAGRAMA GENEALÓGICO

De las probabilidades estudiadas anteriormente con los factores hereditarios dominantes y recesivos se desprenden hechos muy significativos.

En el caso de matrimonios enfermos, ambos con carácter dominante, pueden nacer el 25 por 100 de niños sanos. Este hecho se explica porque los padres son heterozigóticos y llevan junto al factor *enfermo* otro *san o normal* de carácter latente o recesivo. Igual es el resultado del caso en que los padres sanos tienen un 25 por 100 de hijos enfermos, debido a que los padres sólo son sanos en apariencia, pues llevaban ambos la tara de un modo latente y recesivo. Cuando se quiere examinar el carácter hereditario de una tara patológica hay que comprobar desde el principio si constituye factor dominante o recesivo. Si la tara se manifiesta en cada generación se trata, por regla general, de un factor dominante, porque a los individuos en que aparece tiene que haber sido transmitida, por lo menos, por uno de sus padres, y es indudable que la tara tiene que existir en uno de ellos de un modo aparente, ya que en la herencia dominante el factor correspondiente se manifiesta en el fenotipo.

Aunque es muy corriente el que un factor hereditario dominante aparezca en todas las generaciones puede haber excepciones. Se han observado taras que a pesar del carácter dominante no han surgido en algunas generaciones. Esto puede ser debido a que se trata de un factor que sólo aparece en una edad avanzada, o que el número de hijos ha sido muy escaso. Pero, en general, se puede decir que si una enfermedad o tara se manifiesta sin interrumpirse de generación en generación hay que aceptar que se trata de un carácter dominante. Pero si se oculta en algunas generaciones se trata, la mayoría de las veces, de un factor recesivo. En este caso puede suceder que durante muchas generaciones quede cubierto este carácter y no se manifieste debido al escaso número de hijos de cada generación.

#### ENFERMEDADES HEREDITARIAS MAS IMPORTANTES

*Deformidades corporales.* — Entiéndese por deformidad la desviación más o menos pronunciada de la configuración normal del cuerpo. Desde hace mucho tiempo se ha reconocido la cualidad transmisible de las deformidades de manos y pies. Entre las deformidades hereditarias figuran las siguientes:

Polidactilia, de carácter dominante; sindactilia, dominante; ectrodactilia, también dominante; braquidactilia, probable dominante; manos y pies bifidos, dominante o recesiva; pies zambos, recesiva; coxa vara, recesiva; labio leporino y paladar hendido, dominante o recesiva; propensión a la hernia inguinal, probable dominante; enanismo y talla alta, dominantes o recesivos.

En la polidactilia existen, en la mayoría de los casos, seis o más dedos en la misma mano; en la ectrodactilia se han encontrado casos en los que sólo queda en la mano un dedo. En la sindactilia los dedos pueden aparecer soldados por grupos, y en la braquidactilia se observa cómo los dedos son más cortos que normalmente o llegan a faltar por completo algunas falanges. La mano y pie bifidos presentan unas hendiduras que les da forma de horquilla, y el pie zambo da una inclinación al pie que hace se apoye en sus bordes principalmente externos.

La coxa vara es debida a una inclinación anormal de la cabeza del fémur, y da lugar a una anomalía de la articulación coxo femoral. El labio leporino y la hendidura del paladar pueden manifestarse con diferentes graduaciones, desde una ligera depresión hasta la ausencia total del labio, mandíbula y paladar.

En el enanismo han sido separadas por Hansemann dos formas: el enanismo o nanosomia primordial cuando el individuo ya es al nacer mucho más pequeño de lo que corresponde a la cifra que se tome como normal, y continúa en el curso de su desarrollo siendo siempre pequeño, aun cuando este desarrollo, por lo demás, se realice de modo enteramente normal y alcance su término en el tiempo correspondiente. Las epífisis se osifican, la madurez sexual se presenta, las proporciones del cuerpo corresponden a las de un adulto, el desarrollo psíquico no presenta anomalía alguna. Es una miniatura del género hombre. Estos individuos tienen el aspecto de los normales y parecen hombres mirados con gemelos de teatro al revés.

El enanismo primordial se transmite más de las veces de generación en generación en una misma familia, prefiriendo al sexo masculino. Este enanismo se hereda siempre por intermedio del padre. En una observación de Gilford, un hombre con enanismo primordial tuvo un hijo y una hija que presentaban la misma clase de enanismo. Este hijo a su vez tuvo, entre otros hijos normales, un enano. A veces es un carácter de raza, como sucede en los liliputienses africanos, los negrillos, Akkas y otros.

Este trastorno cuantitativo, pero no cualitativo, del crecimiento es totalmente diferente del *enanismo infantil*, caracterizado porque el niño nace normal pero posteriormente se suspende su desarrollo. Presenta epífisis sin osificar, dimensiones infantiles del organismo, ausencia de la madurez sexual y todos los demás síntomas del infantilismo. Se puede distinguir en esta forma de enanismo casos en los que existan un infantilismo universal y otros en los que existe un infantilismo parcial. Su origen, generalmente, es endocrino y puede admitirse un tipo hipofisario, otro tiroideo y otro timógeno.

#### ENFERMEDADES CUTÁNEAS

Podemos incluir en este grupo las siguientes: albinismo, dominante o recesiva; noevus, dominante; calvicie, dominante; ictiosis, dominante; urticaria congénita, dominante; hiperhidrosis de pies y manos, dominante.

El albinismo es debido a la carencia de principios pigmentarios. Por ello, el pelo blanquea y la piel tiene un color rosa pálido. El iris carece también de principios colorantes y adquiere un matiz rojizo a causa de la transparencia de los capilares sanguíneos.

La ictiosis es debida a que la piel se presenta cubierta de escamas cárneas más o menos gruesas, y, en algunos casos, puede presentar tal desarrollo que se le designa con el nombre de piel de cocodrilo.

*Enfermedades de los sentidos.*— Las enfermedades de este grupo corresponden principalmente a la visión y al oído, y se ha comprobado que son transmisibles las siguientes: miopía hereditaria, recesiva o dominante; hipermetropía, dominante; estrabismo, dominante o recesiva; astigmatismo, dominante; hipermetropía, dominante; atrofia retiniana, dominante y ligada al sexo; hemeralopia, dominante; daltonismo parcial, recesiva y ligada al sexo; daltonismo total, recesiva; tartamudez congénita, recesiva; debilidad de oido, dominante; sordera y sordomudez hereditaria, recesiva.

El astigmatismo es debido a la corvadura irregular de la córnea y da lugar a defectos de acomodación. La catarata gris es un opalescencia del cristalino y se manifiesta lo mismo en las edades juveniles que avanzadas. La llamada catarata senil no hay que considerarla solamente como una consecuencia de la edad, sino que también está influída por la herencia.

El glaucoma se manifiesta, en general, de una manera repentina y por un aumento de la tensión intraocular que determina la disminución de la visión. También la atrofia de la retina trae como consecuencia una perdida progresiva de la visión a partir de la infancia. La amaurosis congénita puede ser ocasionada por diversas causas, aunque en la mayoría de los casos es hereditaria. Unas veces se adquiere por contaminación en el momento del parto, pero otras el feto tenía ya lesiones que dan lugar a la pérdida de la visión. Se designa hemeralopia a la dificultad de percibir los objetos durante el crepúsculo a pesar de una visión perfecta en pleno día. La causa hay que buscarla en una estructura defectuosa de la retina. Los daltonianos totales ven los objetos completamente sin color, como en una fotografía. Pero hay otros en daltonismo parcial que solamente han perdido la sensibilidad para los colores verde y rojo.

La debilidad congénita del oído puede ir en aumento hasta determinar la sordera total y es defecto hereditario. La sordomudez puede adquirirse como secuela de algunas enfermedades infecciosas: escarlatina, meningitis, sífilis, etc. Pero en la cuarta parte de los casos es de naturaleza hereditaria.

#### ENFERMEDADES INTERNAS

Son muy numerosas las enfermedades internas que parecen tener un carácter hereditario. Entre las más importantes mencionaremos las siguientes: gota, dominante; diabetes, dominante; hipertensión, dominante; hemofilia, recesiva y ligada al sexo; asma, dominante; ictericia familiar, dominante.

La gota es una desviación del metabolismo de los prótidos. La predisposición hereditaria para la gota aparece con el régimen cárneo, porque entonces se liberan productos de desecho, y entre ellos el ácido úrico que se deposita en las articulaciones produciendo su inflamación dolorosa.

La diabetes es también una alteración del metabolismo de los hidratos de carbono debida a una insuficiencia hormonal del páncreas. También aquí la predisposición hereditaria se hace patente con intervención de algunas causas desencadenantes, como la alimentación excesiva, la sifilis y algunas toxemias crónicas.

La hipertensión es causa principal de la arterioesclerosis y, por tanto, predisponente a la apoplejía. Puede ser debida a la herencia cuando se observan varios casos en la misma familia; pero también puede ser producida por la sifilis, alcohol y la nicotina.

La hemofilia tiene unas condiciones hereditarias muy peculiares que le dan un carácter especial. Como sabemos, determina la pérdida de la facultad que tienen los organismos normales para coagular la sangre, a tal extremo, que los hemofílicos pueden morir desangrados a causa de una solución de continuidad sin importancia, incluso de una simple extracción dentaria. Es característica de esta enfermedad el que se manifiesta sólo en los varones, en tanto que las mujeres no la padecen. Se transmite de una generación a otra, no por los varones, sino por las hembras. Según Bauer es una enfermedad de factor recesivo unida al sexo, y al mismo tiempo es un factor letal, esto es, que anula la capacidad vital del individuo al presentarse en forma homozigótica. La padecen el 50 por 100 de los varones y puede, por su carácter recesivo, estar latente en varias generaciones. Para ser las mujeres hemofílicas necesitarían ser homozigóticas y mueren antes del desarrollo.

Modernamente se admite un síndrome hemofiloide que se presenta en edades tempranas y es de carácter hereditario y familiar, aunque no se ajusta como la hemofilia genuina a las reglas de Mendel. Este síndrome se caracteriza por la tendencia a hemorragias espontáneas no atribuibles a traumatismos ni a otros factores externos hemorrágiparos. Los individuos hemofiloideos presentan epistaxis profusas y repetidas, así como metrorragias, hematúrias, melenas, manchas purpúricas, etc.

Tiene que existir un parentesco próximo entre el factor o gene de la hemofilia con otro gene o complejo de genes productores de la predisposición hemorrágica, y este gene ya no va unido al sexo. Se tiene que manifestar fenotípicamente de un modo análogo dando lugar a aquellos síndromes denominados diatesis hemorrágicas y a los demás estados pseudohemofílicos. El factor hemofilia cuando es homozigótico parece que solamente excluye la capacidad vital, esto es, que representa un factor letal cuando posee una extrema eficacia cuantitativa. Hay casos, también del sexo femenino, que representan en cierto modo formas de transición o de combinación entre la hemofilia genuina y la púrpura trombopénica, en los cuales la capacidad de coagulación de la sangre, fuertemente disminuida, va acompañada de trombopenia. Hess refiere el caso de dos familias en las cuales los hombres tenían hemofilia y las mujeres, en cambio, púrpura hemorrágica. Puede, por lo tanto, admitirse que existen genes que dominan el tiempo de coagulación de la sangre, así como el grado de permeabilidad o resistencia de los vasos. De aquí se deduce el parentesco biológico y clínico de la hemofilia con las diversas formas de diatesis hemorrágicas (Bauer).

*Enfermedades nerviosas y mentales.*—Entre las enfermedades hereditarias más temibles figuran todas aquellas que se refieren a los trastornos del sistema nervioso, contándose, entre las más importantes, las siguientes: atrofia muscular progresiva, recesiva o dominante; tartamudez, probable dominante; atrofia espinal, recesiva o dominante; coréa, dominante; epilepsia, recesiva o dominante; locura maniaco depresiva, dominante; esquizofrenia, recesiva; histerismo, probable dominante; psicopatías, dominantes.

La epilepsia presenta muy diverso grado de gravedad y se manifiesta, como es sabido, por ataques convulsivos con pérdida de conocimiento. En diagramas genealógicos de familias epilépticas figuran también algunos individuos con manifestaciones psíquicas anormales, y esto hace pensar en una base hereditaria común, que no determina solamente la epilepsia sino también la dipsomanía, morfinomanía, debilidad mental, etc. La epilepsia adquirida suele tener origen en el alcoholismo de los padres, pero puede adquirirse por lesiones traumáticas del cerebro.

El histerismo, en sus numerosas manifestaciones que suelen encontrarse muchas veces, en el terreno patológico, tienen su origen en una aptitud heredada.

Bajo la denominación de psicopatías se incluyen una serie de perturbaciones psíquicas que pueden dar lugar a las mayores anormalidades de la vida, entre las que figuran los alcohólicos, criminales, vagos y cuantos llevan un comportamiento social desviado; (embusteros, inconscientes, fantásticos, fanáticos, etc.).

Es curioso resaltar que algunas de las enfermedades mencionadas, como son: la locura maniaco depresiva, la esquizofrenia, el histerismo y las psicopatías, pueden asentar en individuos bien dotados de inteligencia que, a pesar de su aberración mental correspondiente, pueden destacar de modo brillante en las artes o en las ciencias, debido a una inteligencia superior que les da puesto de relieve en la vida social. Esta clase de hombres son indispensables a la sociedad moderna. Son los hombres geniales. Se caracterizan por un desarrollo monstruoso de algunas de sus actividades psíquicas. Un gran artista, un sabio, un gran filósofo, rara vez es un gran hombre. Por regla general es un hombre de tipo común, con una función hipertrofiado. El genio puede compararse con un tumor que crece en un organismo normal. Estos seres faltos de equilibrio son, a menudo, desgraciados. Pero dan a la humanidad el beneficio de sus impulsos poderosos. De su desarmonía resulta el progreso de la civilización. La humanidad nunca ha ganado nada con el esfuerzo de la masa. La empujan hacia adelante la pasión de unos cuantos individuos anormales, la llama de su inteligencia, su ideal de ciencia, de caridad y de belleza. (Carrel)

La herencia de las enfermedades mentales ha podido comprobarse por distintos métodos de estudios. El psiquiatra Ruding, de Munich, ha visto, después de detenidas investigaciones, que el 50 por 100 aproximadamente de los enfermos mentales descenden de matrimonios en los que uno de los padres padecía esquizofrénica. De este 50 por 100, el 9 o 10 por 100 son psicópatas verdaderos y el 34 o 42 son psicópatas parecidos a los esquizofrénicos. Cuando ambos padres eran esquizofrénicos, el 53 por 100 lo son también y solamente el 29 son psicópatas próximos a la esquizofrenia. Si uno de los padres padecía depresión maniaca, solamente aparecían sanos una tercera parte de sus descendientes; la otra tercera padecía la enfermedad del padre, y la restante la presentaba en grado muy benigno.

Cuando ambos padres padecían la enfermedad, el 10 por 100 de los descendientes estaban también enfermos y de ellos el 62'5 son maniacodepresivos y el 37'5 anormales.

Rulding comprobó, que la esquizofrenia salta algunas generaciones, mientras que la psicosis maníaco depresiva suele presentarse en varias generaciones sucesivas sin interrupción. Por lo tanto, la primera es de carácter recesivo y la segunda, dominante. El peligro social de estas dos enfermedades mentales se debe a que los individuos sanos en apariencia pueden ser vectores de las predisposiciones hereditarias, y que el hecho de casarse con un miembro de familia que tiene algunos enfermos mentales puede dar lugar a las más terribles consecuencias para la descendencia.

Para hacerse una idea clara del alcance de la delincuencia en las diferentes aberraciones psíquicas mencionaremos algunas familias que han sido investigadas detenidamente desde este punto de vista.

Un ejemplo que demuestra que la debilidad mental, la locura y la inclinación criminal se transmite por herencia a través de una serie de generaciones sucesivas nos lo ofrece la familia Jücke. La madre de este diagrama genealógico era la mendiga americana Ada Jücke, que murió en 1740 y cuya descendencia ha sido investigada hasta los tiempos actuales. Del total de 2.820 descendientes, su mayor parte presentaba alguna psicopatía. De 709 de los que se poseen datos exactos se han podido clasificar en 64 dementes, 174 inmorales, 142 mendigos, 196 hijos ilegítimos y 77 criminales, y, de éstos, 12 asesinos.

Un caso parecido es el observado por el investigador sueco Lundborg, que estudió las taras hereditarias en una familia de campesinos compuesta de 2.232 individuos. El ciclo genealógico investigado abarca siete generaciones sucesivas y comprendía un total de 1.909 descendientes. La dipsomanía, la inmoralidad, la demencia, la debilidad mental y el suicidio se encuentran en esta estirpe en un porcentaje aterrador, a pesar de que los padres eran gentes trabajadoras y honorables. Pero entre sus ascendientes los había con cualidades morales nocivas, y de sus seis hijos dos eran alcohólicos. A partir de esta generación, los vicios y los crímenes toman un incremento enorme, aun cuando las condiciones del ambiente —vida campestre— sólo podía ejercer una influencia favorable. Sucedió, sin embargo, que la tara hereditaria se incrementó por la frecuencia del matrimonio entre consanguíneos.

Sería un error suponer que hay un factor hereditario peculiar para cada tara hereditaria mental. Lo que sucede, probablemente, en todos los diagramas genealógicos tarados es que existe un potencial hereditario inferior al normal que da lugar a multitud de degeneraciones y de defectos. Como último ejemplo, vamos a mencionar el estudio hecho en la familia de criminales Zero. Este diagrama genealógico tiene su origen en una generación de campesinos trabajadores y normales que vivían en un valle aislado de Suiza. El padre nació en 1639 y era propietario de un molino. Varios miembros de la familia se casaron con mujeres entre las que había algunas con antecedentes de demencia, y de estos matrimonios parten las líneas familiares que estudiamos. En la descendencia se unen el alcoholismo y la vagancia, formando una asociación deplorable, de la que resultan consecuencias perniciosas. Se da con una frecuencia espantosa, en los distintos individuos de esta familia una gran mortalidad infantil, el idiotismo, la demencia, la inmoralidad, la mendicidad y los crímenes de todas clases, todo esto asociado o aisladamente.

Herencia del cáncer. — En lo referente al papel de la herencia en la etiología del cáncer, son muy contradictorias las opiniones. Algunos autores conceden gran importancia al factor hereditario, y es, por lo demás, evidente que existen familias de cancerosos, muchos de cuyos miembros sucumben a esta enfermedad. Esta opinión hereditaria, admitida desde hace muchísimo tiempo, tiene todavía partidarios convencidos tanto entre el público como entre los médicos. Sin embargo, muchos biólogos rechazan el admitir la noción de la herencia cancerosa.

Los partidarios de la herencia del cáncer apoyan sus argumentos, de una parte en la patología humana en la que se encuentran algunos ejemplos, raros, sin embargo, de familias cancerosas, y, de otra parte, en la patología experimental, en los trabajos de Maud Slijé sobre la rata, que han venido a dar al asunto un carácter de actualidad.

En lo que se refiere a la patología humana, se dice que se encuentra con frecuencia el cáncer entre los antecedentes familiares de sujetos atacados de esta enfermedad. Se conocen familias a las cuales ataca el cáncer con frecuencia a varias generaciones.

Existe un estudio genealógico de Broca, que se refiere a cuatro generaciones de una misma familia: primera generación; madre muerta de cáncer de mama; segunda generación, comprende cuatro hijas; las cuatro mueren de cáncer, dos de la mama y dos del hígado; tercera generación, comprende dieciocho hijos; diez murieron de cáncer; cuarta generación, 10 hijos, de los cuales uno murió de cáncer. Es igualmente clásico recordar la familia de Napoleón, que ha sucumbido de cáncer, lo mismo que su madre, sus hermanas Paulina y Carolina y su hermano Luciano. Letulle ha contado la historia de una familia en la que, en tres generaciones, cinco miembros han sucumbido de epiteloma, cuatro del aparato genital y uno de la región anovulvar. En una estadística de Jaile, sobre 26 familias cancerosas, ha encontrado la frecuencia del cáncer en el mismo sistema orgánico.

En algunos casos se manifiesta de una manera precisa la predisposición hereditaria para el desarrollo de neoplasias; así por ejemplo, a veces el cáncer se localiza en determinados órganos, los cuales parecen que estuviesen estigmatizados y constituyeran lugares de menor resistencia. En prueba de ello refiere Nigelle el caso de una familia en la que el padre y cuatro hijos sucumplieron de cáncer de estómago. Pel vió morir a una abuela, madre y tres hijas de la misma familia, y en otro ejemplo refiere la muerte por cáncer de estómago de cinco de los siete hijos de un matrimonio, haciendo resaltar que todos los hermanos no enfermaron de cáncer hasta una edad muy avanzada, habiendo abandonado de jóvenes la casa paterna y habiendo vivido todos ellos en distintos medios.

Tenemos algún argumento que demuestra de modo evidente la base constitucional de la predisposición tumoral. Por ejemplo, cuando gemelos de un solo huevo y además del mismo sexo, asemejándose extraordinariamente, enferman los dos de la misma neoplasia asentada en el mismo lugar. Burkard describió recientemente un caso de dos hermanas gemelas que constituye un ejemplo de esta índole. Las dos pacientes entraron en la clínica de Sauerbruch afectas de fibroadenoma de la misma glándula mamaria, desarrollada en el mismo lugar y al mismo tiempo en ambas. (Bauer).

El tanto por ciento que dan las estadísticas sobre predisposición hereditaria para el cáncer, lo fijan algunos autores en el 10 y muchas veces

más; Haberling, en Suiza, 10 por 100; Van Yterson, en Holanda, 10 por 100; Pel, en Holanda, 10-15 por 100; Menetrier, en Francia, 13 por 100. Ciertas formas de cáncer arrojan al parecer un tanto por ciento de heredabilidad especialmente elevada, como por ejemplo el carcinoma del recto, según Köhler, 20 por 100, y según Mandl, sólo 10'7 por 100.

*La constitución carcinomatosa.* — Benecke incluye en la "constitución carcinomatosa" las siguientes características: corazón fuertemente desarrollado, sistema arterial con vasos amplios o incluso demasiado amplios, arteria pulmonar estrecha, por lo menos en comparación con la aorta descendente, pulmones relativamente pequeños o acaso demasiado pequeños, hígado bien desarrollado, sistema muscular y óseo fuertes, tejido adiposo más o menos fuertemente desarrollado.

En las estadísticas favorables al cáncer no se tienen en cuenta más que los hechos positivos y se silencian los que son contrarios. Hartman y el Dr. Marton, en 75 casos operados, sólo encontraron 25 cánceres familiares, es decir, un tercio aproximadamente. Para Delbet, el número es todavía más restringido: 13 por 100, y en la estadística del Centro anticanceroso de Villejuif son muy raros los antecedentes de cáncer en los enfermos, registrando cuidadosamente sus historias.

No puede ser considerado el cáncer como una enfermedad hereditaria y familiar en el propio sentido de la palabra. Pero esto no quiere decir que no deba tenerse en cuenta los caracteres hereditarios del terreno sobre el que evoluciona el cáncer, lo mismo que ocurre con cualquier otro proceso. Se trata, probablemente, de herencia de terreno, que en presencia de agentes cancerígenos coloca al organismo en estado de mayor o menor resistencia o receptividad del cáncer.

En el momento presente, esta noción del factor terreno toma cada vez mayor importancia en el terreno patogénico de las enfermedades en general. Cualesquiera que sean las causas, exógenas o endógenas, ya se trate de la tuberculosis, de la diabetes, de la escarlatina o del reumatismo. Es solamente esta herencia del terreno lo que puede invocarse en materia de cáncer, porque sólo ella se apoya en rigurosos datos científicos.

*Herencia de la tuberculosis.* — Antes del descubrimiento del bacilo tuberculoso había tendencia a buscar la causa principal de la difusión de la tuberculosis en el factor constitucional de la herencia. De este modo se explicaba más fácilmente que sucumbiera una generación después de otra.

El hecho de que los niños recién nacidos den, casi sin excepción, reacción negativa a la tuberculina aun cuando los padres sean enfermos, es prueba de que los niños nacen sanos y, por lo tanto, no puede admitirse una herencia tuberculosa. Lo que se hereda es únicamente la susceptibilidad a la infección, la predisposición.

*Predisposición.* — Cuidadosos estudios hechos en las autopsias han demostrado la extraordinaria frecuencia de focos tuberculosos, sobre todo en los pulmones y en sus ganglios. Como a pesar de estos hallazgos sólo una parte de la humanidad muere víctima de la tuberculosis, hay que reconocer como necesaria otra condición para explicar el proceso de la enfermedad. Por lo tanto, no puede prescindirse de admitir una predisposición congénita, aparte de otra predisposición adquirida.

*Predisposición congénita.* — En el problema de la predisposición congénita reina todavía un gran obscuridad. Notables investigadores le conceden escaso valor en la etiología de la tuberculosis, fundándose en que algunos pueblos poco civilizados desconocen casi por completo la tuberculosis, no pudiendo, por lo tanto, heredar una predisposición específica; pero mueren rápidamente de tuberculosis tan pronto como se exponen al contagio con pueblos civilizados. También habla en contra el descenso logrado hasta ahora de la tuberculosis. Cuanto más se consigue evitar el contagio y elevar la resistencia natural por medio de los progresos higiénicos de las condiciones generales de la vida, tanto menor importancia va teniendo como factor etiológico la predisposición hereditaria. Además, el deficiente desenvolvimiento, la debilidad anatómica de la máquina orgánica en los que tienen estigma tuberculoso, lo mismo puede admitirse como consecuencia de una tuberculosis ya adquirida y latente que como causa de predisposición. Mas bien se siente uno inclinado a admitir en vez de una predisposición, una exagerada exposición en la primera infancia.

La predisposición congénita depende principalmente de un defectuoso desarrollo orgánico del tórax y de los órganos torácicos con preferencia. Tiene su expresión en lo que se denomina *hábito tísico o asténico*, cuyos caracteres son: tórax aplanado, paralítico, estrechez de la abertura torácica superior, osificación del primer cartílago costal, costilla flotante, huesos largos, escaso panículo adiposo, debilidad muscular, pequeñez del corazón y, a veces, signo de retardo del desarrollo corporal y especialmente sexual.

Esta debilidad orgánica, este hábito tísico puede producirse sobre otra base que no sea precisamente la tuberculosa: tumores malignos, infecciones, intoxicaciones crónicas de todas clases, alcoholismo, sífilis, edad avanzada, mala alimentación, exceso de trabajo, debilidad corporal, etc.

*En contra de la teoría que supone* en los asténicos una predisposición para la tuberculosis pulmonar, existen numerosos casos de esta enfermedad en individuos perfectamente constituidos, esto es, sujetos musculosos y anchos de pecho y que sucumben en mayor número y con mayor rapidez que los estrechos de pecho y afectos de taras tuberculosas. La significación del hábito asténico puede ser diversamente apreciada, y los sujetos que lo presentan no están necesariamente abocados a la tuberculosis. Entre la debilidad orgánica y la predisposición a la tuberculosis no hay relación matemática, y muy a menudo tienen los enclenques, al contrario, una resistencia innegable a dicho proceso. Los niños miserables que han presentado manifestaciones escrofulosas múltiples, que conservan toda su vida una debilidad muscular y una gracia de forma muy aparente, no están condenados a morir tuberculosos. Las cicatrices de escrófulas tienen muy a menudo, como observa Marfan, un buen pronóstico. Las adenitis supuradas indican que los niños han sufrido una infección primaria y cuando curan se establece una gran inmunidad.

Que es el microbio, el bacilo de Koch, el que tiene mayor importancia en el proceso, muy por encima de la predisposición congénita, lo prueba el hecho frecuente de que separados de sus familias y llevados al campo, los hijos de los tuberculosos adquieren el aspecto de campesinos robustos, incluso los hijos de madres muertas a los poco días del parto.

La tuberculosis, que está extraordinariamente difundida, es enfermedad exclusiva de los pueblos civilizados, y su extensión geográfica alcan-

za hasta donde ellos se extendieron. Entre los pueblos del Africa Central no se conocía la tuberculosis hasta hace poco, mientras que en los negros que están en más íntimo contacto con los pueblos civilizados se presenta con mucha frecuencia. Así mismo, en los pueblos de América, según atestiguan antiguos y valiosos testimonios, la tuberculosis era completamente desconocida hasta que fué importada por los emigrantes europeos. Lo mismo ocurrió y ocurre con los habitantes de las islas australes en las cuales la tisis no empezó a existir hasta que se relacionaron con los pueblos civilizados, y ha llegado a ser una enfermedad muy frecuente.

La tuberculosis es especialmente grave en las razas nuevas. Estas son muy sensibles, y los estragos son tanto más extensos cuanto más recientes y más estrechas son sus relaciones con los pueblos civilizados.

Cummins, en 1908, ha comprobado que los sudaneses del ejército de Egipto adquieren muy fácilmente la tisis grave en contacto con los egipcios, más avanzados en la civilización. En el sur africano no se la encuentra más que en la vecindad de regiones ocupadas por los europeos. Los indios de la América del Norte, cuya sensibilidad a la tuberculosis es legendaria actualmente, no la conocían antes de la llegada de los europeos.

Mouchet, de Lieja, ha observado que la tuberculosis comienza a aparecer en el Congo belga, y es todavía rara allí, pues el porcentaje de las cutireacciones no pasa del 7 por 100 de reacciones positivas, pero tiene, por el contrario, forma muy grave y sigue una evolución muy rápida.

Estudiando, en 1911, la epidemiología de la tuberculosis en las estepas de los kalmukos, Metchnicoff, Burnet y Tarassewitch, han puesto en evidencia esta misma noción de la sensibilidad de los pueblos nuevos. En 3.000 kalmukos, la tuberculosis es más rara en el centro que en la periferia, donde es tan frecuente como en los rusos de los alrededores. Los kalmukos emigrados tienen tuberculosis graves; raros son los estudiantes que llegan al final de sus estudios. A menudo que la tuberculosis se esparce el número de kalmukos resistentes aumenta.

J. Vargas, indica que la tuberculosis, casi desconocida hasta estos últimos años entre los habitantes de las altas montañas de Colombia, causa hoy día grandes estragos, y con un aspecto clínico diferente del que presenta habitualmente en los climas templados. Esta diferencia es atribuible a la falta de inmunidad anterior de los habitantes. La granulía, la meningitis y la tuberculosis peritoneal aguda son las manifestaciones de predilección del proceso. Otra particularidad es, cuando el pulmón está afectado, la producción exagerada de cavernas.

Por último, durante la guerra del 14 se ha podido comprobar cuántos estragos ha hecho la tuberculosis entre las tropas de color traídas a Europa y al frente, por la malignidad del curso, ya que tenía tendencia a evolucionar en forma rápida y grave, o en forma ganglionar exuberante.

Según Calmette, en todas las aglomeraciones urbanas de los Estados Unidos, lo mismo que en las de Europa o del Norte de Africa, la mortalidad por tuberculosis es mucho menor en los individuos de raza judía que en el resto de la población. Para los Estados Unidos, las defunciones causadas por tuberculosis se calculan en 37 por 1.000 entre los judíos, mientras que en el conjunto de la población, de cada mil defunciones hay 138 producidas por la tuberculosis.

De todo lo anterior se deduce que puede admitirse en muchos casos una inmunidad hereditaria; pero hay que advertir que se trata solamente

de una inmunidad relativa. Apoya esta opinión, la gravedad, la particular malignidad del curso de la tuberculosis, comúnmente afirmada por todos los clínicos, en las poblaciones primitivas o, sea como fuere, resguardadas del contagio. Esta malignidad es difícilmente atribuible a la falta de la acción protectora de la infección primera, desde el momento en que esta primoinfección es soportada, sin inconveniente de cualquier índole, por la mayor parte de los niños de 1 a 2 años pertenecientes a razas contaminadas desde tiempo inmemorial, y muy mal tolerada en individuos, cualquiera que sea su edad, que pertenecen a poblaciones primitivas no contaminadas.

## DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS INDIVIDUALES

### PERSONALIDAD DEL HOMBRE

*Diferencias individuales.* — Es evidente, que entre millones de hombres no se encuentran dos iguales. Reconocemos sus diferencias por el aspecto exterior, principalmente mirándoles a la cara. En el resto del cuerpo, aunque también existen las mismas diferencias, las percibimos mucho menos, y es que nos falta también la costumbre de hacer esta clase de observaciones. Esta falta de hábito es también culpable de las dificultades que nos ofrece el distinguir entre sí a individuos de razas diferentes a la nuestra, por ejemplo, negros, asiáticos, etc., aun examinando detenidamente sus rasgos fisonómicos. Seguramente, también existen diferencias individuales en la organización y disposición de los órganos internos y en la capacidad y variedad de la fisiología.

Esta diferencia individual depende, en familias distintas, de la variabilidad del plasma germinal que es completamente distinto para cada una de ellas. En individuos de la misma familia la diferencia, mucho menor, es debida a las leyes del azar, que preside la distribución del plasma germinativo parenteral, originando óvulos y zoospermios con distinta proporción de factores de la línea materna y paterna.

También depende, en alto grado, la variabilidad individual de las condiciones del medio externo. La alimentación, el clima, el género de vida, etcétera, modifican mucho los caracteres y propiedades de un sujeto. Se ha visto en algunos mamíferos de clima tropical que se desarrolla pelaje al ser trasladados a parques zoológicos de climas fríos. El cambio de alimentación puede transformar el color de las plumas del canario y del pajarito. En caracoles llevados a América, se contaban, pocos años después, variedades desconocidas en Europa por el color y dibujos de la concha. Las hijas de europeos emigrados a la India presentan una menstruación tan precoz como las indígenas, etc.

No cabe duda de que nuestra especie ha de encontrarse también dentro de estas reglas de variación individual por la influencia del medio externo. No obstante, se comprende que la compensación artificial de los factores externos ha de dar lugar a que la curva de variación no presente en el hombre tan grandes modificaciones como en otros animales. Transportado el hombre a un medio de vida al cual no está acostumbrado, se observa un cambio en muchos de sus caracteres y propiedades. La guerra y la postguerra, con su período de hambre, han confirmado tristemente

esta verdad. Las generaciones actuales poseen una serie de caracteres distintos de las generaciones anteriores.

Se ha comprobado repetidamente que los factores externos influyen sobre la variabilidad individual, pero no se puede decir que toda esta variabilidad depende exclusivamente de ellos. No puede producirse más que a expensas de la reacción orgánica dependiente del modo de ser intrínseco del plasma germinal. Si toda la variabilidad fuera obra de los agentes exteriores, nos encontraríamos con que razas y especies distintas presentarían el mismo grado de variabilidad estando sometidas a las mismas influencias. Y esto, ciertamente, no sucede.

*Semejanzas individuales.* — A pesar de la gran diversidad y variabilidad que presentan los caracteres individuales, tropezamos, con frecuencia, con grupos de individuos que presentan cierto parecido en una serie de propiedades. Puede observarse esto, no sólo en los rasgos exteriores del cuerpo, sino también en la organización interior y propiedades funcionales. Pero principalmente en la manera de reaccionar a los estímulos psíquicos. Lo mismo que la variación, así también el parecido tiene su fundamento en causas externas e internas.

Comenzando por las causas externas recordaremos, por ejemplo, el caso de los emigrados a América. Pasado algún tiempo se les encuentra en su aspecto exterior, temperamento, conducta psíquica, americanizados, esto es, que han adquirido cierto parecido con los naturales del país. Pero estas cualidades adquiridas vuelven a perderlas en cuanto abandonan aquel medio. Por lo que respecta a oficios y profesiones, podemos comprobar, también constantemente, que entre todos aquellos que desempeñan los mismos, existe cierto parecido (artistas, sacerdotes, sastres, cocheros, etc), parecido condicionado, claro está, por el medio en que viven y se desenvuelven. Y no es menos cierto, que las influencias externas, cuando son las mismas, predisponen al desarrollo de ciertas enfermedades, y, por ello, se observa que los habitantes de la misma región y los obreros del mismo oficio están predisuestos a sufrir la misma clase de afecciones.

La causa interna que determina el parecido entre dos individuos hay que buscarla en la concordancia mayor o menor que puede existir entre su plasma germinativo. Tal concordancia o armonía es debida puramente al azar, que determina el que algunos de sus cromosomas sean, en su totalidad o en parte, idénticos o parecidos. Por otro lado, cuando hay parentesco entre dos individuos se comprende que puedan tener alguno o muchos de sus factores hereditarios iguales. Cuanto más estrecho sea el parentesco, tanto más probable será que exista entre ellos no sólo algún cromosoma común, sino muchos.

Sólo en el caso de gemelos univitelinos se da la posibilidad de que todos sus cromosomas sean completamente iguales. Esto es debido a que ambos embriones se desarrollan a expensas de la fecundación de un solo óvulo por un solo zoospermo, en cuyo óvulo, por causas desconocidas, se desarrollan dos embriones. Esta tendencia depende, evidentemente, de factores hereditarios ligados lo mismo al óvulo que al zoospermo, puesto que la procreación de gemelos se observa frecuentemente en determinadas familias. Así como en gemelos bivitelinos no hay ninguna probabilidad de encontrar mayor parecido que en el resto de los hermanos —pueden ser hasta de razas distintas, blanco y mulato, por ejemplo— ya que se

originan siempre, como éstos, a expensas de gametos distintos; por el contrario, en los gemelos univitelinos —mientras no haya desviaciones patológicas en la división del zigote— hay que esperar sean tan iguales como lo es su estructura hereditaria, a expensas de la cual se desarrollan todas sus propiedades corporales. Las únicas diferencias que pueden encontrarse tienen que depender del mundo exterior, cuya acción se ejerce desde el primer momento sobre el feto, y prosigue toda la vida sobre el individuo.

Es bien sabido, que los gemelos univitelinos no sólo son siempre del mismo sexo, sino también extraordinariamente iguales, lo mismo en su aspecto exterior que en su organización interna, funcionalismo y manera de reaccionar. Estudiando dactiloscópicamente las líneas papilares de la mano y planta del pie, se ha podido comprobar que este carácter, considerado como el más fino de la variación individual, distintivo *sui géneris* de la personalidad, presenta, en los gemelos univitelinos, el mayor parecido que ha podido encontrarse. Poll, estudiando este problema, dice, que la amplitud de variación entre las huellas dactilares de gemelos univitelinos es más pequeña que la que puede existir entre los dedos de un mismo individuo, los cuales nunca son completamente iguales. Esto se comprende si recordamos que en los univitelinos se originan de la misma substancia hereditaria veinte dedos en lugar de diez.

El principal interés que tiene el estudio de los gemelos univitelinos se debe a que en ellos puede apreciarse muy bien el papel que el plasma germinal desempeña en la transmisión de la predisposición individual para ciertas enfermedades. En efecto, se ha podido comprobar en numerosos casos de gemelos univitelinos las mismas series de procesos morbosos. Citaremos algunos.

Michaelis describe dos hermanos gemelos tan parecidos entre sí que no había manera de distinguirlos en aspecto, figura, escritura, así como el modo de comportarse y percibir la vida. Llegaron a la edad de sesenta años sin haber padecido ninguna enfermedad. El uno vivía soltero en la ciudad, siendo director de una administración importante. El otro, casándose y teniendo familia, permanecía en el campo consagrado a las faenas agrícolas de su granja. A la misma edad y por la misma época fueron los dos atacados de parestesia de las extremidades inferiores, sufriendo a la vez de gran excitación psíquica. Al mismo tiempo se les presentó una úlcera perforante del dedo gordo, descubriendoseles simultáneamente diabetes, y, por último, los dos fueron afectados de trastornos visuales por retinitis albuminúrica. Su parecido llega al extremo de que se vieron precisados a usar lentes convexas de la misma graduación, terminando por sucumbir a consecuencia de un ataque de uremia que los llevó con una diferencia de pocas semanas.

Un caso parecido es el siguiente, visto por Graszl, en el que dos hermanos gemelos univitelinos, completamente normales, enfermaron en el mismo día de perturbación mental. Lo más curioso es que cada uno escribió a sus padres una carta diciendo lo mismo, esto es, que estaban enfermos de sífilis, que oían voces y que los insultaban. Su esquizofrenia les condujo pronto a la demencia, que fué en uno más tumultuosa que en el otro, quizás debido a que aquél recibiera una cojera en la frente, a consecuencia de la cual había estado algún tiempo sin conocimiento y muchas semanas en el hospital.

Herrmann describe el caso de gemelos epilépticos, tan extremadamente

parecidos, que en sus ataques presentaban el mismo cuadro y las mismas fases. Stiefler ha descrito otros de ocho años con paraparesia espástica congénita. Brude vió el caso de dos hermanas gemelas de catorce años con elevación de uno de los hombros y espina bifida. Trouseau y Stiegel han observado dos gemelos con asma bronquial. Lo mismo en el uno que en el otro se presentaba el ataque al mismo tiempo. V. Szontagh describió unos gemelos que presentaron al mismo tiempo síntomas de papiloma laringeo. Bauer —del que tomamos todo lo anterior— ha observado en varios gemelos la misma serie de procesos morbosos: enanismo pronunciado, angioma en la región escapular izquierda, deformación del pabellón de la oreja derecha, otitis media, etc.

Por todo lo anterior se deduce que los gemelos univitelinos son hereditariamente iguales entre sí. En cambio, el resto de los hermanos pueden ser completamente distintos.

Para comprender esto, no hay más que recordar el proceso de la reducción de los cromosomas, en el que puede darse, que en un gameto femenino queden sólo los cromosomas de la línea paterna, y, en el masculino, los de la línea materna, o inversamente, por lo cual estos dos hijos o descendientes serán biológicamente diferentes por completo. Sin embargo la posibilidad matemática de que esto ocurra es pequeñísima, pero nos demuestra que el grado de parentesco biológico puede variar extraordinariamente de unos hermanos a otros y aun entre padres e hijos.

*La personalidad del hombre.* — El hombre es un sistema vital, en perpetua reacción con el ambiente, compuesto de partes coordinadas todas entre sí formando una unidad psicofísica indivisible. Comprende todos los atributos propios de la especie a que pertenece.

*La individualidad física o constitución* es la combinación especial correlativa de las variantes de los caracteres físicos que son comunes a toda la especie. *La persona o individualidad psíquica* es la combinación especial de las variantes de los caracteres psíquicos propios de la especie, que se manifiestan sobre la base de los caracteres físicos y son correlativos con ellos. Por consiguiente, la *personalidad* presupone la unión de los caracteres físicos y psíquicos formando una unidad o individualidad psicofísica inescindible, que tiene su centro unitivo y permanente en la conciencia (Viola).

La individualidad o personalidad está integrada por individualidades parciales: anatómicas, humorales, fisiológicas y psíquicas. La individualidad psíquica comprende características intelectuales, afectivas, morales, estéticas y religiosas. Hay gran relación entre estas características psíquicas y los diversos tipos de actividades fisiológicas. También hay evidente relación entre los tipos psicológicos y morfológicos. El aspecto físico de un individuo indica la constitución de sus tejidos, sus humores y su mente.

*Individualidad somática.* — Los individuos se distinguen fácilmente entre sí por la línea de sus rostros, sus gestos, su modo de caminar, sus caracteres intelectuales y morales. Cada individuo puede ser identificado —según demostró Bertillón hace tiempo— por las dimensiones de determinadas partes de su esqueleto. Las líneas de las yemas de los dedos son así mismo caracteres indelebles. Las huellas dactilares son la firma genuina del hombre.

Las células de la glándula tiroides, del hígado, de la piel, etc., aparecen idénticas a las de otro individuo. En cada uno de ellos, los latidos del corazón son casi siempre —aunque no del todo— iguales. La estructura y funciones de los órganos no pueden estar marcadas por propiedades individuales. No obstante, su especificidad sería, sin duda, demostrada por métodos de examen más sutiles. Los tejidos de un individuo son capaces de percibir la especificidad de sus humores y el carácter extraño de los humores de otro individuo.

La individualidad de los tejidos puede demostrarse del modo siguiente: en la superficie de una herida se injertan trozos de piel, unos proporcionados por el mismo paciente, y otros, por un amigo o pariente. Al cabo de algunos días, los injertos procedentes del individuo mismo se hallan adheridos a la herida y crecen, mientras que aquellos tomados de otras personas se desprenden y se encogen. Los primeros sobreviven, y los últimos mueren. Rara vez se encuentran dos individuos tan exactamente iguales que sean capaces de cambiar entre sí los tejidos. Sin embargo, entre gemelos univitelinos, las transplantaciones tendrían seguramente éxito. Por regla general, los tejidos de un individuo rechazan los de otro. Cuando, por sutura de los vasos, la sangre vuelve a circular por un riñón transplantado, el órgano segregá inmediatamente orina. Al principio se conduce normalmente. Al cabo de algunas semanas, sin embargo, aparece nefritis que provoca rápidamente la atrofia del riñón. Empero si el órgano injertado proviene del mismo animal, sus funciones se restablecen de modo permanente. Es evidente que los humores reconocen en los tejidos extraños, ciertas diferencias de constitución que no son reveladas por ninguna otra prueba. Las células son específicas del individuo a que pertenecen. Esta peculiaridad de nuestro cuerpo ha impedido hasta ahora la difusión del transplante de órganos con fines terapeúticos. (Carrel).

Los humores poseen una especificidad semejante. Dicha especificidad se revela por el efecto definido del suero sanguíneo sobre los hematíes del otro. A menudo, bajo la influencia del suero, los glóbulos rojos se aglutan. Los accidentes observados después de la transfusión de sangre son debidos a dicho fenómeno. La individualidad de la sangre ha hecho establecer los grupos sanguíneos, que reconocen también las leyes hereditarias de Mendel.

La individualidad imprime un sello en todas las partes que componen el cuerpo. Se halla presente en los procesos fisiológicos, así como en la estructura química de humores y células. En este aspecto, cada uno reacciona de un modo peculiar a los acontecimientos del mundo exterior, al ruido, al peligro, al alimento, al frío, al calor, a los ataques de los microbios y de los virus. Como dijo Richet, "Existe una personalidad humoral del mismo modo que existe una personalidad mental".

*Individualidad psíquica.* — Las individualidades mentales, estructurales y humorales se mezclan de un modo desconocido. Guardan entre sí las mismas relaciones que las actividades psíquicas, los procesos cerebrales y las funciones orgánicas.

Las características mentales son un reactivo aún más delicado de la individualidad que las características orgánicas y humorales. Cada hombre se define a la vez por el número, calidad e intensidad de sus actividades psicológicas. No existen individuos de mentalidad idéntica. En realidad, aquellos cuya conciencia es rudimentaria se parecen mucho entre sí.

Cuanto más rica es la personalidad, mayores son las diferencias individuales. Todas las actividades de la conciencia rara vez se desarrollan al mismo tiempo en un individuo. En la mayoría de los hombres unas son débiles y otras están ausentes. Existe una marcada diferencia, no solo en la intensidad de estas funciones, sino también en su calidad. Además, el número de sus combinaciones es infinito. No existe tarea más difícil que analizar la constitución de un individuo dado. Siendo extraordinaria la complejidad de la personalidad mental, es imposible clasificar con exactitud a los individuos. Sin embargo, pueden ser divididos según sus características intelectuales, afectivas, morales, estéticas y religiosas, las combinaciones de estas características y sus relaciones con los diversos tipos de actividades fisiológicas. También existen algunas relaciones evidentes entre los tipos psicológicos y los morfológicos. El aspecto físico de un individuo es una indicación de la constitución de sus tejidos, sus humores y su mente.

Cada individuo tiene conciencia de ser único, pero existen grandes diferencias en el grado de individualización. Algunas personalidades son muy fuertes, muy ricas. Otras son débiles, fácilmente modificables por el ambiente y las circunstancias. Entre la simple delimitación de la personalidad y las psicosis existen muchos estados intermedios. La gente que padece ciertas neurosis tiene la sensación de que su personalidad se va diluyendo. Otras enfermedades destruyen la personalidad: la encefalitis letárgica, la demencia precoz y la parálisis general, entre otras. En algunas enfermedades los cambios son solo temporales.

*Origen y concepto actual de la personalidad.*—La individualidad de cada hombre tiene un doble origen: proviene simultáneamente de la constitución del óvulo fecundado, de su desarrollo y de su historia. La personalidad del individuo depende, pues, de la herencia y del desarrollo. Pero no sabemos qué papel juega cada una de estas partes en nuestra formación. Si es más importante la herencia que el desarrollo. Unos biólogos proclaman que la educación y el medio ambiente son capaces de dar a los seres humanos la forma que se deseé. La educación lo sería todo y la herencia nada. En cambio, otros creen que la herencia se impone al hombre como un antiguo destino, y que la salvación de la raza está, no en la educación sino en la eugenesia. Ambas tendencias se olvidan de que semejante problema no puede ser resuelto con argumentos sino con observaciones y experimentos.

Las observaciones y experimentos nos enseñan que las partes de la herencia y del desarrollo varían en cada individuo y que, generalmente, no pueden ser determinados sus valores respectivos. Sin embargo, en niños concebidos por los mismos padres, criados juntos y del mismo modo, existen diferencias notables de la forma, estatura, constitución nerviosa, aptitudes intelectuales y cualidades morales. Es evidente que estas diferencias son de origen ancestral.

No sabemos la influencia que ejercen los genes sobre la formación del individuo, sobre la construcción del cuerpo y de la conciencia. Tampoco sabemos en qué medida depende la constitución del individuo de la del huevo. Muchas observaciones y experimentos han demostrado que ciertos aspectos del individuo se hallan ya presentes en el huevo; que otros son solamente potenciales. Por esta razón, los genes ejercen una influencia, ya sea de una manera inexorable imponiendo al individuo características

que se desarrollan fatalmente, ya en forma de tendencias que se vuelven o no efectivas. La debilidad mental, la demencia, la hemofilia, la sordomudez, reconocen factores hereditarios. Algunas otras enfermedades, como el cáncer, la hipertensión, la gota, etc., también son transmitidas de padres a hijos, pero sólo como una tendencia. Las condiciones del desarrollo pueden impedir o favorecer su producción. Lo mismo sucede con el vigor, la fuerza de voluntad, la inteligencia y el juicio. El valor de un individuo está determinado, en gran medida, por sus predisposiciones hereditarias. Pero como los seres humanos no son de raza pura, las características de los descendientes de un matrimonio dado no pueden predecirse. No obstante, sabido es que los niños que nacen de gente superior es más probable que sean de un tipo más elevado que el de los nacidos de una familia inferior. Debido a los azares de las uniones nucleares, entre los descendientes de un gran hombre puede haber hijos mediocres, o de una familia oscura puede nacer un gran hombre. La tendencia a la superioridad no es, ni mucho menos, irresistible, como sucede con la locura, por ejemplo. La eugenesia solo consigue producir tipos superiores bajo determinadas condiciones de desarrollo y de educación. No tiene poder mágico, y por consiguiente, no es capaz, sin ayuda, de mejorar mucho a los individuos.

Las tendencias ancestrales, transmitidas según las reglas de Mendel, dan un aspecto especial al desarrollo de cada hombre. Para manifestarse estas leyes requieren, naturalmente, la cooperación del medio ambiente. Las potencialidades de los tejidos y de la conciencia solo se manifiestan merced a los factores químicos, físicos, fisiológicos y mentales de dichos ambientes. En general no se puede distinguir lo heredado de lo adquirido. Es cierto que algunas peculiaridades, como el color de los ojos, el pelo, la miopía y la debilidad mental, son evidentemente de origen hereditario. Pero muchas otras características dependen de la influencia que el medio que nos rodea tiene sobre el cuerpo y el espíritu. El desarrollo del organismo se inclina en diferentes direcciones, obedeciendo al medio ambiente, y sus propiedades innatas se manifiestan o permanecen en potencia. Es seguro que las tendencias hereditarias son profundamente modificadas por las circunstancias de nuestra formación. Pero también debemos comprender que cada individuo se desarrolla de acuerdo con sus propias reglas, con las cualidades específicas de sus tejidos. Además, la intensidad original de nuestras tendencias, su capacidad de manifestarse, varía. El destino de ciertos individuos está determinado inexorablemente. El de otros, depende más o menos de las condiciones de su desarrollo.

Es cierto que las circunstancias del desarrollo solo son eficaces dentro de los límites de las predisposiciones hereditarias, de las cualidades inmanentes de los tejidos y de la conciencia. Pero jamás sabemos la naturaleza exacta de estas predisposiciones. No obstante debemos suponerlas favorables y obrar en consecuencia. Es indispensable que cada individuo reciba una educación que le conduzca al desarrollo de sus cualidades en potencia, mientras no se demuestre que dichas cualidades no existen.

*El concepto actual de la personalidad o individualidad* es referirla exclusivamente al fenotipo, o sea, al conjunto de los caracteres hereditarios y no hereditarios, realizándose en las varias fases de la ontogénesis por influencia de la reacción de los genes con los factores externos del ambiente en que se desenvuelve la vida, desde el momento de la fecundación hasta la vejez más avanzada.

Según esta concepción, la división neta y dualista entre hereditario o genotípico y adquirido o paratípico, es sólo de naturaleza especulativa, en cuanto que tal división no puede hacerse en la realidad, siendo toda individualidad la resultante de un bloque de caracteres hereditarios, los cuales a medida que recorren la trayectoria de la ontogénesis, sufren la influencia de fuerzas exteriores (temperatura, luz, alimentación, estímulos funcionales, etc.), sin los cuales el desarrollo y el crecimiento no se podrían verificar. En efecto, todo carácter no es otra cosa más que la forma concreta con la cual se realizan los genes hereditarios bajo la acción del ambiente exterior y del ejercicio funcional espontáneo o impuesto por la voluntad.

El concepto fenotípico de la individualidad es el que tiende hoy grandemente a prevalecer. El otro es un error evidente en el planteamiento del problema. Cuando tenemos ante nosotros a un individuo, lo que en realidad contemplamos es toda la masa hereditaria realizándose en reacción y conflicto con el ambiente, y no ya un ser compuesto de dos partes, de un bloque central de caracteres verdaderamente hereditarios y sobrepuerta una capa externa formada por otros caracteres adquiridos.

No se puede distinguir lo hereditario estático de lo adquirido móvil, como pretende Bauer. Hay que pensar que todo es siempre móvil. El genotipo está en perpetua reacción y realización, en conflicto con las propias condiciones de vida. Todo se renueva y se modifica constantemente.

Los caracteres transmisibles y los no transmisibles se mezclan entre sí sin poderlos distinguir. Unas veces ciertas magnitudes somáticas absolutas son transmisibles hereditariamente; por ejemplo, la masa corporal grande o pequeña de ciertas familias. En cambio, otras dimensiones obtenidas solo con el ejercicio intenso, como la hipertrofia muscular de un atleta de circo, no lo son. Lo mismo diremos de ciertas proporciones corporales relativas transmisibles por herencia, como el aire de familia, o el tipo longilíneo o brevilíneo, mientras que otros, el enorme desarrollo torácico adquirido con el ejercicio, no son transmisibles.

Hay que añadir que toda la individualidad es correlativa, y los caracteres transmisibles, los duraderos y los temporales, los en acto y los en potencia, prontos a intervenir en cualquier momento, forman parte de este sistema cárrelacionístico que es el individuo, el cual, en el momento en que se observa, obra y reacciona como unidad, y ninguna de sus partes, ya sean hereditarias o no hereditarias, puede ser substraída y considerada aparte sin destruir el conjunto. Cada una reacciona sobre la otra y todas cooperan al rendimiento funcional del complejo y de las partes, a la predisposición o resistencia a las causas morbigenas, a las actitudes peculiares del individuo, que constituyen precisamente los problemas prácticos finales.

Ocuparse de unos caracteres y no de los otros, como quieren muchos, es lo mismo que renunciar a comprender al individuo en sus reacciones, y plantearse un problema prácticamente insoluble por sí mismo. (Viola).

#### HERENCIA DE LOS CARACTERES ADQUIRIDOS

En un individuo existen un gran número de particularidades adquiridas por él durante la vida intra o extrauterina, puesto que no existían en los padres ni en el huevo fecundado, y son los llamados *caracteres adqui-*

*ridos.* La transmisibilidad de estos caracteres es el problema más trascendental y más discutido de la biología. Hasta ahora no ha podido comprobarse dicha transmisibilidad a pesar de dedicarle largas investigaciones y trabajos. Esto no quiere decir, aun cuando no poseamos las pruebas, que las propiedades adquiridas no se hereden en determinadas circunstancias.

Para admitir la transmisión hereditaria de los caracteres adquiridos es necesario comprobar que el cambio del *fenotipo* a través de la vida del individuo tiene como consecuencia la modificación del *genotipo*.

Podemos suponer que las células germinales y somáticas están influídas por los procesos vitales. Por lo tanto, el medio puede ejercer acciones probables sobre el genotipo.

1.<sup>o</sup> El medio puede actuar solamente sobre las células somáticas sin alcanzar directa ni indirectamente a las células germinales. En este caso no puede haber transmisión hereditaria porque no hay modificación del plasma germinal. Aquí figura la mayor parte de las variaciones individuales que no se transmiten por herencia.

2.<sup>o</sup> El medio puede, por su acción, afectar simultáneamente a las células germinales y a las somáticas y causar cambios que se manifiestan en la descendencia. Existen ciertos agentes, como el alcohol, sífilis, morfina, nicotina, etc., que producen efectos fatales sobre el organismo humano.

3.<sup>o</sup> El medio puede afectar directamente a las células germinales y originar cambios que se manifiestan en la descendencia aun cuando los progenitores no acusen efecto alguno. Se ha comprobado experimentalmente determinadas mutaciones artificiales llevadas a cabo por la influencia de la temperatura, radium y rayos X sobre el plasma germinal.

4.<sup>o</sup> El medio afecta solamente a las células corporales y puede causar en ellas un cambio tan marcado que puede modificar, a su vez, a las células germinales. Esto da lugar a un trastorno en los factores hereditarios que se manifiesta por nuevos caracteres en la descendencia, a pesar de que el medio no actuó directamente sobre el plasma germinal. Se adoptó la expresión de *inducción somática* para denominar a la modificación de las células germinales por la influencia de las células somáticas.

Habrá, pues, en la circunstancia particular del hombre los siguientes casos de inducción:

Inducción del soma paterno sobre el elemento germinal masculino.

Inducción del soma materno sobre su germen.

Inducción del soma materno sobre el embrión en vías de desarrollo.

Inducción del embrión sobre el soma materno, e indirectamente sobre los elementos germinativos de la madre. Se denomina este fenómeno, impregnación del organismo maternal, *herencia por impregnación o telegonía*.

*Inducción del soma materno o paterno sobre el plasma germinal.* No está demostrada la transmisión de los caracteres anatómicos, fisiológicos, psíquicos o patológicos adquiridos por el individuo, o sea, la transmisión de su fenotipo.

Es evidente que las mutilaciones no se heredan aunque se repitan en muchas generaciones. Un amputado, uno que ha perdido un ojo, etc, no trasmite el defecto a sus hijos. Se cortan las colas y las orejas de ciertas razas de perros; se escinde el prepucio (circuncisión) a los judíos; se perforan las orejas de las niñas, se deforma el pie de las chinas, y todo esto durante muchas generaciones. Sin embargo, siempre siguen siendo necesarias estas operaciones sin que pueda citarse en contrario alguna

deformidad congénita, que en serie tan numerosa de casos pudiera aparecer en los hijos imitando las mutilaciones de los padres. Pero ciertas mutilaciones nerviosas que Brown-Sequard practicó en los conejos de indias en sus estudios sobre la epilepsia esencial dieron lugar, según su autor, a alteraciones anatómicas y funcionales que se transmitieron a los hijos durante cinco o seis generaciones (alteraciones nutritivas del ojo o alteraciones de los párpados por sección de los cuerpos restiformes, exoftalmias por sección parcial del bulbo raquídeo, atrofias de las extremidades posteriores por sección del ciático o hemisecciones de la médula, etc.). Sin embargo, hay que advertir, que estos experimentos no han podido ser confirmados por los investigadores modernos.

Otro ejemplo de la acción del soma sobre el plasma germinal lo tenemos en el experimento de Guthrie. Gallinas negras, a las que se injertaron ovaras de gallinas blancas y fueron fecundadas por gallos blancos incubaron nueve polluelos blancos y once mixtos de blanco y negro. En este caso el color de la madre ejerció una notable influencia, manifestada en la descendencia, sobre el plasma germinal injertado. Tampoco se ha podido comprobar este hecho por otros investigadores, que repitieron el experimento con ovejas negras a las que injertaron ovarios de ovejas blancas, y fecundadas por carneros blancos, todas las crías resultantes fueron de color blanco.

Experimentos de Kammerer llevan a la conclusión de que muchas aptitudes fisiológicas y psicológicas adquiridas serían transmisibles a la descendencia. Entre los muchos ejemplos que se pueden citar tenemos: la mayor facilidad que tienen los muchachos para aprender la lengua materna mejor que las otras; la gran agilidad de dedos de que están dotados los hijos de los pianistas célebres y la mucha fuerza muscular de aquellos cuyos padres se dedican a trabajos pesados. Estas observaciones no tienen, sin embargo, un gran valor científico.

Un hecho, que Sernon considera muy demostrativo a favor de la herencia de los caracteres adquiridos, es el enorme espesor que adquiere en el hombre la piel de las plantas de los pies comparada con la de otras partes del cuerpo a partir del quinto mes de vida intra uterina. En tal caso, este aumento de espesor provocado en los antepasados por presión mecánica, se transmitiría hereditariamente al feto antes de que éste sometiera la piel al estímulo funcional.

Es preciso relacionar también con estos hechos las circunstancias que en las familias emigradas de América, África meridional, a las estepas, etcétera, se manifiesta después de pocas generaciones un tipo antropológico que se aproxima al de los indígenas, aun sin mezcla alguna con ellos (Aschoff).

*Inducción del soma materno sobre el embrión.*—Prácticamente se confunden las enfermedades congénitas con las enfermedades hereditarias. En cierto modo se puede admitir que ciertas anomalías congénitas pueden haber sido adquiridas en el útero. Por ejemplo: numerosas deformidades encuentran su origen en la comprensión ejercida sobre el feto por el útero demasiado contraído o pequeño, y con escaso líquido amniótico, por inflamaciones del amnios, por bridas amnióticas, por la presencia de un gemelo, por inflamaciones fetales y sus consecuencias, por enfermedades, etc. Algunas anomalías de formación, tales como el labio leporino o la polidactilia, pueden tener su origen en la célula germinal o en el claustro materno. Es difícil asegurar el que sean hereditarias o congénitas.

Mientras que por las leyes de la amfimixis (mezcla de cantidades iguales de la masa hereditaria) parece a priori que la influencia de los dos progenitores debe ser igual para determinar la cualidad hereditaria, resulta a veces en el mamífero, y, por lo tanto, en el hombre, que debe ser mayor la influencia ejercida por la madre. Además, como ya hemos dicho anteriormente, de la posibilidad de provocar alteraciones fetales durante la vida intrauterina, el hecho de una permanencia tan larga en su interior nos da idea de que existen grandes relaciones entre los dos organismos. Durante nueve meses el feto se nutre con productos químicos que se filtran de la sangre materna a través de la placenta. La madre proporciona al niño los elementos con los cuales se construyen sus tejidos, pero recibe a su vez ciertas substancias secretadas por los órganos del embrión. Estas substancias pueden ser beneficiosas o perjudiciales, y en este caso, la madre puede ser intoxicada por su hijo. Pero es más frecuente el daño del embrión por venenos y toxinas procedentes de su madre. Se conocen gran número de infecciones uterinas: sifilides (cuando la madre ha sido contaminada durante el embarazo), tifus, varicela, escarlatina, sarampión, rabia, etc., y puede el feto morirse.

En toda clase de intoxicaciones, fósforo, plomo, arsénico, nicotina y, especialmente, el alcohol, pueden producirse graves daños al embrión. El hecho de que toda substancia medicamentosa pasa al círculo placentario y a la leche de la madre, y que en todos los casos de cretinismo la madre está afectada bocio, constituye una prueba de la enorme importancia que la madre representa para el embrión y para el niño.

La fuerte influencia que el organismo de la madre ejerce sobre su hijo se revela también en el característico engrosamiento del tiroides, suprarrenal y, algunas veces, el útero del recién nacido. Tales engrosamientos son parecidos a la hipertrofia gravídica de los mismos órganos que ocurren en la madre. Un fenómeno análogo es la hipertrofia mamaria con secreción láctea del recién nacido, debido también a una acción hormonal a través de la placenta.

También se ha observado que las lesiones traumáticas de diferentes órganos, hígado, riñón, determinadas experimentalmente en conejas preñadas, dan lugar a la aparición de lesiones en las vísceras homónimas del feto. Al lesionar el riñón de la madre se forman productos solubles que circulan en la sangre y que tienen propiedades disolventes, es decir, nefrolíticas, sobre el tejido renal sano. Así se explica que estos productos, al pasar por el organismo del feto, puedan dañar los riñones de éste. Las inyecciones de sueros nefrotóxicos producen, también, alteraciones en los órganos similares del embrión.

Conviene recordar que ciertas anomalías adquiridas por el embrión en el curso de su vida intrauterina, como polidactilia, ectrodactilia, labio leporino, polimastia, noevas, hipospadias, etc., se transmiten hereditariamente comprometiendo a veces numerosas generaciones.

*Herencia por impregnación o teleogonia.* — Teleogonia es la transmisión a los hijos de un segundo matrimonio de alguna particularidad del primer marido. Consiste este fenómeno en que una hembra fecundada por un primer macho puede transmitir a los hijos de un segundo los caracteres del anterior.

La explicación de la teleogonia no puede ser otra que la impregnación de la madre y de sus óvulos por el feto o fetos del primer matrimonio. Bouchard admite esta forma de impregnación que realizarían productos solubles nutritivos del feto, imponiendo a las células de la madre el modo

nutritivo especial que habían heredado del padre. Bard cree que interviene la *inducción vital* (influencia especial entre células a distancia), que aquí obraría entre las del feto y los óvulos maternos.

Hablan ya de este hecho extraño Van Helmont y Haller con referencia a los mestizos de asno y yegua, y Burdach y Osslander lo extendieron a la especie humana. Recuérdese que de antiguo se había ya hecho notar que los hijos adulterinos suelen parecerse más al padre legal que al real. Esto se atribuía a la influencia de la imaginación de la madre, preocupada con la idea de su marido durante el acto sexual. Pero estos hechos, en su mayor parte, tienen más fácil explicación.

La herencia por impregnación o telegonia ha sido aceptada por numerosos biólogos, médicos, y, sobre todo, por gran número de criadores de animales. Tienen éstos la opinión, muy antigua y corriente, de que una primera cópula puede influir de tal modo sobre las siguientes que los hijos de éstas presentan algunos caracteres del primer progenitor. Se aportan, para establecer este hecho, observaciones que a primera vista son muy sorprendentes. Darwin cita el caso, que se ha hecho célebre, de los potros de lord Morton. Una yegua de este Lord que tenía 7/8 de sangre árabe y 1/8 de sangre inglesa fué fecundada por un cuaga —especie de cebra menos rayada que la especie común— del que tuvo un mestizo. Fecundada después dos veces por un caballo de su misma sangre tuvo dos potros tan semejantes al cuaga como si hubieran tenido 1/16 de sangre de este animal. Después tuvo otro tercer potro con las mismas semejanzas. No es dudosa la autenticidad de este caso; las pieles de los potros se conservan, y existen copias de ellas en el museo de cirujanos de Londres; pero se objeta que los caracteres cebroides eran poco marcados en ellos, y que rayas semejantes aparecen algunas veces en caballos en cuya ascendencia no han intervenido cuagas.

Entre otros ejemplos para demostrar la telegonia tenemos el caso de Flint. Una mujer blanca fué fecundada primeramente por un negro y luego tuvo dos hijos con un hombre de raza blanca. Estos últimos presentaban caracteres evidentes de la raza negra. Lingart, en 1884, refiere con detalles un caso cuyo valor demostrativo es más difícil de impugnar. Una mujer, viuda de un sujeto de familia de hipospádicos, con el que había tenido tres hijos con el mismo defecto, casó después con otro individuo normal y sin antecedentes de hipospadias. Tuvo también de él hijos hipospádicos que transmitieron la enfermedad a sus descendientes.

Esta cuestión de la impregnación ha sido sometida a una comprobación minuciosa por diferentes autores que han llegado a la conclusión en sus investigaciones que la telegonia no existe.

En los casos citados referentes al hombre se carece de datos sobre los ascendientes de la mujer que ha sido impregnada. Cunot ha demostrado que si se cruzan ratones albinos de raza pura, con un ratón gris salvaje, nada es tan variable como la descendencia de estos albinos. Se encuentran individuos negros, manchados de negro, manchados de gris, leonados, etcétera. La explicación reside en la genealogía de las ratas blancas, y se descubren hechos análogos en todos los animales.

Cossart-Ewart emprendió una encuesta minuciosa sobre los équidos. Cruzó yeguas con cebras y no pudo comprobar en los descendientes la presencia de potros cebroides, y, en cambio, en algunos casos, en parejas puras aparecieron potros cebroides. Faltz-Fein e Ivanof, cuyas investigaciones aparecieron en 1913, nunca han podido evidenciar la menor impregnación en siete yeguas fecundadas por cebras y luego por caballos diversos. Faelli haciendo observaciones en cerdos, Cousin en óvidos y pe-

rros, Rabaud en ratones, Frater en conejos, han llegado igualmente a la conclusión de negar la idea y el hecho de la telegonia.

### VARIACIONES Y MUTACIONES EN EL HOMBRE

Hemos visto anteriormente que la enorme variabilidad individual, tanto en los animales como en el hombre, depende del genotipo. Pero, además, existe un alto grado de influencia sobre el individuo por las condiciones ambientales, que son factores importantes para producir las diferencias individuales. Estas diferencias, no heredables, adquiridas por el sujeto, reciben el nombre de *variaciones*. En cambio, los caracteres heredables —variaciones hereditarias— se denominan *mutaciones*.

Ya Darvin advirtió la existencia de variaciones a salto, inmediatamente heredables, que los ganaderos y agricultores conocían con el nombre de sports. Pero fué De Vries el primero que designó a estos fenómenos con el nombre de *mutaciones*, creando la nueva teoría de las *mutaciones*. Según esta teoría, las especies son ordinariamente estables, pero en ciertos períodos de su vida pasan por fases en las cuales sufren variaciones discontinuas que se producen repentinamente, casi de modo explosivo, sin relación aparente con una causa ambiental y que son totalmente hereditarias, constituyendo el punto de partida de un raza o variedad nueva.

Las variaciones son modificaciones externas del individuo, o sea del fenotipo, sin afectar al genotipo y, por lo tanto, no son hereditarias. Mutación es la aparición repentina de un carácter hereditario nuevo. No se diferencian ambas por la amplitud del cambio, pues en la variación puede ser éste muy grande y muy pequeño en la mutación, sino por su acción sobre el plasma germinal.

Las mutaciones son muy numerosas en el reino vegetal, pero mucho menores en el reino animal. Podemos citar como ejemplos de mutaciones el nacimiento de cabras y ovejas sin astas, el pelo de angora en cabras, gatos y conejos y el albinismo en conejos y ratones.

También en el hombre se conocen una serie de caracteres que se manifiestan de un modo súbito y que se interpretan como mutaciones. En la mayoría de los casos son de naturaleza nosológica, como, por ejemplo, el labio leporino, las manos y pies hendidos, soldadura de los dedos de las manos y de los pies, sordomudos, hemofilia, etc.

Todos los ejemplos mencionados coinciden en la aparición súbita de una nueva propiedad dentro de un potencial hereditario puro y sin que pueda reconocerse su causa. Este fenómeno se denomina *mutación*. En la variación, la modificación de un carácter dura solamente el tiempo justo que obra la causa sobre el sujeto, como sucede con una influencia del ser vivo sobre el sujeto en cuestión. Pero cuando cesa la influencia externa desaparece también el efecto causado.

En la mutación no conocemos, en la mayor parte de los casos, las causas, y, además, ocasiona un cambio biológico hereditariamente permanente o fijo, es decir, que las variaciones no son modificaciones hereditarias, mientras que las mutaciones representan variaciones hereditarias. Por lo tanto, la variación afecta solamente al fenotipo, mientras que las mutaciones producen alteraciones en el genotipo.

Otra diferencia entre variación y mutación es la siguiente: las variaciones de un carácter suponen una transición paulatina, y las variantes

se pueden colocar en serie de variación muy próximas. Las mutaciones, por otra parte, se manifiestan sólo aisladamente y se distinguen, por regla general, por la modificación profunda que ocasionan en el carácter original correspondiente, y, por esto, las denomina Darwin variaciones a salto.

Para que los caracteres adquiridos puedan ser heredados es necesario una modificación del genotipo en dicho sentido, o sea, que aparezcan en aquél factores nuevos que contengan los nuevos caracteres. A ello se han dedicado gran número de experiencias empleando agentes diversos, físicos y químicos, y logrando modificaciones, o mejor, lesiones importantes en la célula sexual masculina y femenina.

Hertwig ha producido monstruosidades en una serie de experimentos empleando el radium y mesotorio para actuar sobre las células animales sin destruir directamente su vida. Ha empleado en sus experiencias zoospermios de rana y de tritón, y los resultados obtenidos han estado en relación con la riqueza del preparado y con su tiempo de actuación. En el desarrollo avanzado de los embriones aparecen éstos más o menos deformes, con espina bifida mejor o peor definida, con perturbaciones en el cierre del canal medular que conducen a la anencefalia. Cuanto mayor es la perturbación tanto más pronto mueren los huevos enfermados por los zoospermios. Las larvas poco dañadas rompen las membranas del huevo, y, según la intensidad de la radiación que les transmiten los zoospermios, si ha sido corta, tomarán formas muy variadas. Comparadas con las larvas normales quedan pequeñas, de poca corpulencia, resultando especialmente afectada la región caudal. Cerebro, médula y ojo resultan patológicos en éste o aquel punto, mostrando tendencia a disgregarse en células aisladas. Al diferenciarse la célula específica en los diversos tejidos, se hace patente el ataque radioactivo en forma muy variada. Los tejidos superiores, nervioso o muscular, y en segundo término las células del corazón y de la sangre, están casi siempre alteradas en su estructura; epitelios de protección, intestino y glándulas, órganos urinarios, conservan, por lo regular, su comportamiento normal.

En los experimentos efectuados hasta ahora, las lesiones causadas a los zoospermios por la acción del radium fueron tan graves que los óvulos fecundados por ellos dieron embriones que no alcanzaron la metamorfosis, y desde luego, la madurez sexual. Únicamente se obtuvieron monstruos y seres deformes de vida muy débil.

También ha empleado reactivos químicos, azul de metileno, hidrato de cloral, extrienina. En estos casos se han obtenido embriones con duplicación de cola, espina bifida, anencefalia, parálisis, enanismo, etc.

Según el mismo autor los factores externos, frío, calor, humedad, etcétera, actúan, no directamente sobre determinadas regiones del cuerpo, sino sobre todo el proceso vital del individuo en pleno desarrollo, sobre su metabolismo y sobre su constitución. Sólo por las variaciones producidas en el cuerpo resulta influído pasajera o permanentemente el idiosistema y por consiguiente alterado en su constitución.

Entre las causas y sus efectos se interpone todo el mecanismo orgánico con su infinito y complicado juego de fuerzas. En atención a esto resulta más correcto en tales casos hablar de una acción indirecta de los factores externos, que de una acción directa de los mismos, como se supone en la teoría de la inducción paralela.

Muller, colaborador de Morgan, ha logrado experimentalmente producir modificaciones permanentes en el caudal hereditario de la mosca

*Drosophila melanogaster*. Logró producir una serie de mutaciones en las moscas masculinas y femeninas valiéndose de un tratamiento por rayos X. Estas mutaciones estaban representadas principalmente por deformaciones, como carencia de principios cromáticos, anomalías de los ojos y de las maxilas y modificaciones de las alas y de las patas. Además, aparecieron factores letales que causaban la muerte en los estadios precoces o tardíos del desarrollo de los animales. Una gran parte de estas mutaciones fueron ya observadas por Morgan en las crías de sus viveros y sin conocer las causas que las motivaban. En los ensayos de Muller pudieron observarse también otros cambios de caracteres que no habían sido observados hasta entonces. Las radiaciones fuertes ocasionaron una esterilidad periódica o permanente, tanto en las hembras como en los machos, y cuando las hembras recobraban su fecundidad los descendientes aparecían con grandes deformaciones que eran mutaciones, porque en la reproducción experimental los nuevos caracteres se transmitían a las generaciones hijas con una constancia regulada por las leyes de Mendel. También lo consiguió con el radium y altas temperaturas.

Aparte de las influencias físicas hay una serie de acciones químicas que pueden ser consideradas como causantes de mutaciones, debido principalmente a sus efectos nocivos. Entre ellas podemos admitir la acción tóxica del alcohol, nicotina, plomo, arsénico, yodo, fósforo, cocaína y morfina.

*Mutaciones en el hombre.* — En la especie humana se han observado gran número de mutaciones, que en su mayoría se manifiestan como deformidades, que sin causa conocida aparecen bruscamente en una generación y se transmiten por herencia. Es muy probable que la mayor parte de las taras hereditarias del hombre tengan su origen en una mutación.

Como causas de las taras hereditarias humanas tenemos las mismas que las producen en los animales y en primer lugar el alcohol.

Los hijos de los alcohólicos presentan, con gran abundancia, ciertas anomalías y enfermedades que son menos frecuentes en la descendencia de las personas sobrias y abstemias como han demostrado observaciones especiales y el estudio de las estadísticas. En primer lugar, se ha comprobado que la mortalidad infantil es mayor entre los hijos de los bebedores y que existe una predisposición tuberculosa de esos hijos. Además, su resistencia es tanto menor cuanto más alcohólicos son los padres.

Todavía son mayores las perniciosas consecuencias que tiene el alcoholismo sobre el sistema nervioso de la descendencia. El gran investigador Bezzola estudió los efectos nocivos del alcohol sobre los gametos, y para ello examinó en Suiza unos 9.000 idiotas. Teniendo en cuenta la época de sus respectivos nacimientos, investigó el día en que habían sido procreados, y encontró dos épocas culminantes en el año, en las que hay siempre un gran consumo de alcohol: el carnaval, con sus excesos, y la época de la vendimia. La mayoría de los individuos recluidos en los manicomios, y aproximadamente la tercera parte de los epilépticos, son descendientes de alcohólicos o de matrimonios que tienen relación consanguínea con alcohólicos.

En contra de lo expuesto podría objetarse que la miseria, las malas condiciones higiénicas y sociales de los individuos van casi siempre acompañadas del vicio alcohólico, y, además, que existe la posibilidad —sobre

todo con respecto a las enfermedades nerviosas y mentales— de que, en muchos casos, la deficiencia psíquica puede ser heredada por un carácter paterno de este tipo. Pero estas objeciones no bastan para quitar importancia a la influencia nociva del alcohol, porque en la mayoría de los casos, estudiadas las taras de los hijos se deben, sin duda alguna, al alcoholismo de los padres, y así lo han confirmado experimentalmente los biólogos Charles Stockard y Agnes Bluhm, con pruebas prácticas llevadas a cabo en animales. Estos autores demostraron que la fecundidad de los animales alcoholizados era bastante inferior a la normal y que era grande el número de abortos y partos prematuros y, además, tenían una cifra muy elevada de mortalidad.

Mac Dowell ha realizado interesantes investigaciones con ratas blancas. La segunda generación de animales alcoholizados colocados en laberintos artificiales con alimento en sitio fijo, observó que estos nietos de alcohólicos necesitaban mucho más tiempo y se perdían muchas más veces por caminos extraviados al ir en busca de su comida que los nietos de animales no alcoholizados.

Por lo tanto, estas y otras numerosas experiencias demuestran que el alcohol ejerce una influencia degenerativa sobre el potencial hereditario y no es aconsejable el matrimonio con un miembro de una familia de alcohólicos, porque la dipsomanía da lugar a una debilidad e inconstancia de la voluntad que es, al fin y al cabo, una de las formas de la demencia.

La intoxicación por el plomo, aun limitada exclusivamente al padre, hace frecuentes los abortos, o da lugar a la muerte de los hijos en la primera época de la vida. Los que sobreviven suelen presentar una inferioridad muy marcada del sistema nervioso, y son, con frecuencia, imbeciles o epilépticos.

Todas las infecciones padecidas por la madre pueden actuar sobre el feto in útero. Es muy elevado el número de infecciones agudas que ocasionan el aborto cuando atacan a una mujer embarazada. En otros casos pueden nacer hijos prematuros o débiles, desnutridos, que pasadas algunas semanas o meses se reponen siguiendo luego un desarrollo normal. Con frecuencia continuará el mal estado de salud relevándose, más adelante, trastornos nerviosos variados.

La sifilis es la infección crónica más frecuente y que produce grandes anomalías en la descendencia. No se puede hablar de sifilis hereditaria, sino de sifilis congénita. En las investigaciones llevadas a cabo con los niños afectos de sifilis congénita se ha comprobado que una tercera parte de los embriones infectados mueren prematuramente durante el embarazo, y otra cuarta parte durante las seis semanas siguientes al nacimiento. Los que sobreviven arrastran una vida con manifestaciones muy varias de enfermedades y taras. Las más frecuentes son las anomalías morfológicas de tipo local, que se denominan *estigmas sifiliticos*: frente olímpica, cráneo natiforme, nariz en silla, lesiones dentales dientes de Hutchinson), lesiones oculares (queratitis intersticial), auriculares, deformidades de los huesos largos de los miembros, etc. También puede ocasionar anomalías intelectuales o psíquicas, pero excepcionalmente, salvo las localizaciones del proceso en las meninges, médula o cerebro.

La causa de que no se dé la importancia suficiente a las influencias tóxicas —excepto al alcoholismo— que actúan sobre el potencial hereditario

tario, se explica porque la mayor parte de las mutaciones hereditarias aisladas y estudiadas se suelen transmitir con carácter recesivo, es decir, que una mutación tiene resultados muy limitados cuando no se manifiesta durante consecutivas generaciones. Sólo podrá apreciarse una mutación recesiva cuando el portador del factor correspondiente contrae matrimonio con otro que también lo posea, y, aun así, sólo será ostensible en la cuarta parte de los hijos, porque el factor enfermo solamente se percibirá en el fenotipo cuando adquiera estado homozigótico. Para que este estado homozigótico llegue a aparecer pueden transcurrir cien o más años, y esta circunstancia contribuye a que hoy sepamos muy poco acerca de las influencias que pueden determinar las mutaciones en el hombre.

Los biólogos antiguos a partir de Lamark admitían la transmisión de los caracteres adquiridos. Entre ellos podemos citar a Eimer, O. Herwig y muchos paleontólogos. Los Darwinistas (Darwin, Hoeckel, Senion, Roux, Plate) también admitieron la transmisión hereditaria de dichos caracteres. A partir de Weissman, con su teoría de la continuidad del plasma embrionario, los biólogos modernos (De Vries, H. Ziegler, Morgan y otros muchos) han rechazado en absoluto aquella transmisibilidad al no admitir influencia alguna del medio sobre el plasma germinal. Para estos biólogos sólo queda, por tanto, como única fuente del desarrollo filogénico la mutación.

En apoyo de la opinión de Lamark, Darwin, etc., tenemos la observación —ya muy antigua— de que en los animales domésticos y en las plantas cultivadas, se producen continuamente razas nuevas, que se distinguen de las demás por caracteres transmisibles. Como es sabido, el hombre selecciona para reproducir, aquellos seres que se modifican en una dirección determinada y que prometen más utilidades al cultivador. Así se lograron, por la selección artificial, rendimientos siempre mayores de los animales domésticos y de las plantas útiles.

Al admitir Weissman y sus continuadores solamente la mutación para la diferenciación de especies y de razas no tienen en cuenta que la frecuencia de las mutaciones no es tan grande que baste para explicar la distinción de especies y de razas. Además, que en el hombre y en muchos animales las mutaciones naturales y, sobre todo, las experimentales, representan en su mayoría *mutaciones de pérdida*, que significan, por lo tanto, más bien un retroceso que un progreso en la perfección de los seres vivos.

De la no transmisibilidad de los caracteres adquiridos se deduce que las posibilidades de perfección por la cultura y la educación están claramente limitadas. El supuesto de que la capacidad intelectual de la humanidad va gradualmente elevándose de generación en generación por la influencia del medio y el aumento del nivel cultural carece totalmente de fundamento, ya que la capacidad intelectual está cimentada únicamente en el potencial hereditario latente, y ese potencial sólo puede revelarse por las influencias del medio, pero no ser modificado por ellas de un modo permanente. Todos los factores latentes poseen una amplitud de variación peculiar que oscila entre ciertos límites condicionados hereditariamente. Como sucede en las plantas y en los animales, tampoco es posible en el hombre, el traspasar estos límites aumentando o exagerando las influencias del medio.

Las modificaciones individuales producidas por el ejercicio o el reposo,

de los órganos, o bajo la influencia de las condiciones de vida —fundamento de la teoría de Lamark—, no está probado de que no sean hereditarias. La luz no se ha podido hacer por completo en este asunto. Parece, sin embargo, lo más probable que se transmitan por herencia las aptitudes cerebrales y otras adquiridas por educación.

Según Delage, es esta una cuestión de gran importancia, ya que si los caracteres adquiridos son hereditarios, cada generación permite hacer a la especie un nuevo progreso y todos estos pequeños progresos explican sin dificultad su evolución. Pero si no es así, si cada progreso nuevo muere con el que lo ha hecho, nada puede obtenerse más que por una ciega selección, y es preciso probar que ésta es capaz de explicar la adaptación, evolución, etc., lo que no es muy fácil.

Podemos sacar como consecuencia, que el ejercicio y la actividad intelectual (higiene, educación y cultura) tienen acción solamente sobre el fenotipo. Es decir, que el perfeccionamiento de los caracteres no se transmite jamás a los descendientes, sino que desaparecen en la generación siguiente, tan pronto como la influencia (ejercicio, etc.) deja de actuar. Los factores hereditarios no pueden ser mejorados por el medio, pues éste sólo es capaz de ponerlos en evidencia y resaltarlos.

De modo análogo se comporta la herencia con respecto a las influencias nocivas, y únicamente son una excepción las enfermedades venéreas, el alcohol y otros venenos, porque afectan a los gametos y ponen en serio peligro a la misma continuidad embrionaria.

El plasma germinal no puede ser inmutable, ya que en el transcurso de los siglos ha sufrido transformaciones que han dado lugar a las distintas razas con sus caracteres específicos. Aun dentro de una raza hay rasgos y signos familiares, y otros característicos de la localidad geográfica. Y todas estas diferencias de individuo, familia, pueblo y raza reconocen, sin duda alguna, cambios profundos en los factores hereditarios ya que son transmitidos a la descendencia. Es forzoso admitir la existencia frecuente de cambios que se desarrollan en los individuos porque un estímulo externo ha impresionado a las células germinales dejando huellas imborrables que causan, por su parte, la misma impresión en los órganos de los descendientes que pertenecen a sucesivas generaciones. Pero esto sólo puede referirse a modificaciones por influencias externas —clima, hábitos, clase de vida, lesiones, enfermedades, etc.— muy profundas y de fuertes efectos.

Podemos aceptar con facilidad que pueden transmitirse aquellas alteraciones que se relacionen con el organismo o con importantes funciones del mismo, especialmente si obran sobre varias generaciones sucesivas y, además, sobre estados precoces del desarrollo. Pero estamos en la oscuridad para explicarnos el modo de actuar de tales causas sobre el plasma germinal.

Los caracteres adquiridos, ya sean por simple variación o por mutación, tienen que ser hereditarios. De lo contrario, la especie sería inviolable, constante. Sin la adquisición de caracteres nuevos y sin propagarlos a las generaciones sucesivas no puede existir progreso de la especie.

Si todos los caracteres del hombre se encuentran en sus ascendientes, y como la ascendencia de un individuo supone un número enorme de antepasados, es un hecho incontrovertible de que cada sujeto desciende de una infinidad de Adanes y Evas; altos y bajos, morenos y rubios, de dis-

tintas razas, de fuerte y débil mentalidad, patológicamente tarados, etcétera. Por tanto, la unidad del principio genealógico está en plena contradicción con las observaciones genealógicas (Lorenz).

A partir de la fecundación, con la reunión de los dos gametos se muestran activas las fuerzas vitales latentes en las células de la procreación. El óvulo fecundado se multiplica por división indirecta. Primeramente se divide en dos, que, a su vez, se segmentan del mismo modo. Las células nuevas y jóvenes (blastómeras) se colocan en un plano determinado de modo que al poco tiempo aparecen en posición adecuada los vestigios de las partes y órganos más importantes del futuro ser vivo.

Durante el desarrollo del embrión animal se diseñan muy pronto los distintos órganos y partes del cuerpo. Solamente las futuras células germinativas tienen una posición privilegiada. Se separan como precursoras lulas nuevas y jóvenes (blastomeras) se colocan en una plano determinadas primitivas, que después darán lugar a las masas glandulares correspondientes, con los óvulos o espermatozoides respectivos. Todas las demás células de las tres hojas siguen dividiéndose y forman las distintas clases de tejidos orgánicos, porque en el futuro desarrollo del embrión animal se observa una gran diferenciación de las distintas células en consonancia en sus funciones.

La diferenciación celular y la especialización del trabajo resultan muy pronunciadas en los animales, y el mayor grado de diferenciación se encuentra en el organismo humano.

Las distintas funciones de las diversas variedades celulares suponen un influjo muy directo en la forma de las células. Una célula nerviosa, por ejemplo, tiene ramificaciones largas como hilos porque su función principal consiste en la transmisión de las irritaciones nerviosas. Las células de la epidermis, destinadas en su totalidad como aisladoras de las acciones exteriores, son, por consiguiente, laminiformes, y están colocadas estrechamente unas al lado de las otras, para formar una capa continua.

El proceso de la diferenciación prosigue durante la gran proliferación celular, y de este modo se forman grupos enteros de tejidos que se capacitan para funciones especiales, como, por ejemplo, digestión, irritabilidad, reproducción, etc. Entre los diversos tejidos existe también una relación muy armónica en su situación, y así se forman los órganos de los sentidos; de la digestión, respiración, circulación de la sangre, de los movimientos y de la reproducción.

En consecuencia, cada ser forma una unidad de vida, organizada hasta en sus más pequeños detalles.

También las células adultas conocen espontáneamente las funciones que les están atribuidas en el conjunto organizado. Si cultivamos células epiteliales durante un período de varios meses, separadas del animal al que pertenecen, se disponen en forma de mosaico, exactamente como para proteger una superficie. Y, sin embargo, falta la superficie que hay que proteger. Los leucocitos cuando viven en frascos devoran laboriosamente microbios y glóbulos rojos aunque no hay organismo que defender contra la incursión de estos enemigos. Todos los elementos del cuerpo poseen un conocimiento innato del papel que deben representar en el conjunto.

Las células aisladas tienen el singular poder de reproducir sin dirección ni fin los edificios que caracterizan cada órgano. Si unos pocos gló-

bulos rojos, impelidos por la gravedad se deslizan de una gota de sangre colocada en plasma líquido y forman un arroyuelo, enseguida se originan las orillas del mismo. Luego, estas orillas se cubren de filamentos de fibrina y el arroyuelo se transforma en una cañería, a través de la cual las células rojas se deslizan como por un vaso sanguíneo. A continuación vienen los leucocitos, se adhieren a la superficie de la cañería y la rodean con su membrana ondulante. Entonces el arroyuelo tiene el aspecto de un vaso capilar envuelto en una capa de células contráctiles. De este modo los glóbulos rojos y blancos aislados logran construir un segmento del aparato circulatorio, aunque no hay corazón, ni circulación, ni tejidos que regar. Las células son como las abejas, que erigen sus alvéolos geométricos, sintetizan su miel, alimentan sus embriones, como si cada una de ellas comprendiese las matemáticas, la química y la biología, y obrase sin egoísmo por los intereses de toda la comunidad.

La tendencia espontánea hacia la formación de órganos por sus células constitutivas, como la actitud social de los insectos, es un dato primario de observación. No puede explicarse con nuestros actuales conocimientos.

Un órgano se construye a sí mismo por medio de técnicas desconocidas a la mente humana. Está el órgano engendrado por células, que a todas luces, conocen el futuro edificio y sintetizan de las substancias que contiene el plasma sanguíneo, el material de construcción y hasta los obreros. Y todas estas propiedades de las células, su estructura, sus funciones, etcétera, han existido en nuestra especie durante muchos siglos. Son cualidades hereditarias (Carrel).

Ignoramos casi por completo la génesis de la inteligencia. Claro es que la inteligencia no es una cosa sencilla. Sólo conocemos uno de sus aspectos. Este aspecto no es sino una pequeña parte de su actividad maravillosa, compuesta de razón, juicio, atención voluntaria, intuición y, tal vez, clarividencia.

Sabemos que el hombre hereda de sus antepasados sus caracteres somáticos, fisiológicos, psíquicos y patológicos, y que estos caracteres, como los anteriores del desarrollo embrionario, diferenciación celular, especialización del trabajo, etc., son también hereditarios, y se encuentran representados en las células germinales y, más concretamente, en la cromatina del óvulo y del zoospermato. Pero ignoramos su origen y su modo de actuar, sus modificaciones, etc.: sólo conocemos sus efectos.

La maravillosa vida del cuerpo humano y la todavía más maravillosa —y mucho peor conocida— vida del espíritu, están representadas por completo en la pequeña cantidad de cromatina de las dos células sexuales. Todo esto, en resumen, es lo que sabemos. Y ya está bien.

### OBRAS CONSULTADAS

LAS TEORIAS DE LA EVOLUCIÓN, por *Y. Delage y M. Goldsmith.*

GÉNESIS DE LOS ORGANISMOS, por *Oscar Hertwig.*

LA INCÓGNITA DEL HOMBRE, por *Alexis Carrel.*

HERENCIA Y CONSTITUCIÓN, por *J. Bauer.*

LA HERENCIA MENDELIANA, por *Jakob Graf.*

TRATADO DE PATOLOGÍA GENERAL, por *A. Lustig y G. Galeotti.*

ANATOMÍA PATOLÓGICA, por *L. Aschoff.* (Capítulo escrito por Röse).

EL ORGANISMO VIVO EN LA BIOLOGÍA MODERNA, por *J. Loeb.*

MANUAL DE PATOLOGÍA GENERAL, por *Libert.*

ELEMENTOS DE PATOLOGÍA GENERAL, por *L. y J. M. de Corral.*

PATOLOGÍA GENERAL Y ANATOMÍA PATOLÓGICAS, por *Ribbert y J. G. Möckelberg.*

PATOLOGÍA CONSTITUCIONAL, por *A. Ceconi.* (La constitución individual. Capítulo escrito por G. Viola y F. Schiassi).

MANUAL DE PATOLOGÍA GENERAL, por *R. Novoa.*

MANUAL DE EXPLORACIÓN CLÍNICA Y DE DIAGNÓSTICO MÉDICO, por *Müller y Seifert.*

LE CÁNCER, por *G. Roussy.* Nouveau Traité de Medicine.

PATOLOGÍA Y CLÍNICA DE LAS ENFERMEDADES DEL APARATO RESPIRATORIO, Prof. *Adolfo Sylla.*

# Límite de una suma de infinitos términos variables

por ROBERTO ARAUJO

1. El algoritmo indefinido de la integración permite frecuentemente hallar el límite de una suma de cantidades variables cuando éstas crecen en número indefinidamente al mismo tiempo que tienden a cero; pero cabe considerar un caso más general, cuál es: el de hallar el límite de una suma de un número indefinidamente creciente de términos tendiendo cada uno de ellos simultáneamente a su límite.

Este problema encuentra su solución muchas veces en los casos en que se verifica este teorema:

Sea  $f(n, p) = u_1(n) + u_2(n) + \dots + u_p(n)$ , cuyos términos son funciones del parámetro  $n$  y tales que  $\lim_{n \rightarrow 0} u_i(n) = v_i$  y  $|u_i(n)| \leq M_i$ , si la serie numérica  $\sum M_i$  de términos positivos es convergente y también es convergente la serie  $\sum v_i$  será  $\lim_{(n, p) \rightarrow \infty} f(n, p) = \sum v_i$ .

En efecto, si  $\varepsilon$  es un número positivo arbitrariamente pequeño, se puede determinar un número natural  $q$  tal que  $M_{q+1} + M_{q+2} + \dots + M_p < \frac{\varepsilon}{3}$ , puesto que la serie  $\sum M_i$  es convergente y esta relación no es otra que la aplicación del criterio de convergencia de Cauchy de las series a la serie  $\sum M_i$ .

Como se verifican las relaciones  $|u_i(n)| \leq M_i$  para  $i = 1, 2, \dots$ , se tendrá, por consiguiente estas desigualdades

$$|u_{q+1}(n) + u_{q+2}(n) + \dots + u_p(n)| < \frac{\varepsilon}{3} \text{ y } |v_{q+1} + v_{q+2} + \dots + v_p| \leq \frac{\varepsilon}{3}$$

por ser  $v_i = \lim u_i(n)$ , y tanto las  $u_i(n)$  como las  $v_i$  no superiores en valor absoluto a sus respectivas  $M_i$ .

Pero

$$f(n, p) = (u_1(n) + u_2(n) + \dots + u_q(n)) + (u_{q+1}(n) + u_{q+2}(n) + \dots + u_p(n))$$

$$\text{y } S_p(v) = (v_1 + v_2 + \dots + v_q) + (v_{q+1} + v_{q+2} + \dots + v_p)$$

de donde se tiene restando ordenadamente y tomando luego valores absolutos

$$|f(n, h) - S_p(v)| \leq |S_q(n) - S_q(v)| + |u_{q+1}(n) + u_{q+2}(n) + \dots + u_p(n)| + |v_{q+1} + v_{q+2} + \dots + v_p|$$

Si, ahora, fijamos la  $q$ , como cada término  $u_i(n)$  de  $S_q(n)$  tiende al término  $v_i$  de  $S_q(r)$ , desde  $n \geq n_0$  se verificará  $|f(n, p) - S_p(v)| < \varepsilon$ , por ser cada uno de los tres términos del segundo miembro inferiores en valor absoluto a  $\frac{\varepsilon}{3}$ .

De la identidad

$$f(n, p) - S(v) = |f(n, p) - S_p(v)| + |S_p(v) - S(v)|$$

y teniendo en cuenta que  $|S_p(v) - S(v)| < \varepsilon$  desde  $p \geq p_0$  se deduce tomando valores absolutos en ambos miembros

$$|f(n, p) - S(v)| \leq |f(n, p) - S_p(v)| + |S_p(v) - S(v)| < 2\varepsilon$$

para  $p$  mayor que el mayor de los números  $q$  y  $p_0$  y para  $n \geq n_0$ ; y siendo  $2\varepsilon$  una cantidad positiva arbitrariamente pequeña, esta última relación prueba que  $\lim_{(n, p) \rightarrow \infty} f(n, p) = S(v)$ .

2. Obsérvese que esta demostración es en el fondo la que se da en el teorema siguiente sobre series funcionales:

Si los términos de una serie funcional uniformemente convergente tienen límites para un cierto valor de  $x$  perteneciente al campo de convergencia uniforme, la serie funcional tiene por límite en este valor de  $x$  la serie de los límites si ésta es convergente.

Pero la convergencia uniforme siempre existe para todo campo de las  $x$  en que hay una serie de términos positivos numérica convergente, mayormente señalada según el criterio de Veierstrass; y esto es lo que sucede en el teorema que nos ocupa.

3. Apliquemos este principio a la determinación del límite de la expresión

$$\left(\frac{n}{n}\right)^n + \left(\frac{n-1}{n}\right)^n + \left(\frac{n-2}{n}\right)^n + \dots + \left(\frac{n-i}{n}\right)^n + \dots + \left(\frac{1}{n}\right)^n \quad (\alpha)$$

Aquí  $p = n$ , pero esto no invalida la aplicación del teorema ya que  $p$  y  $n$  pueden tender simultáneamente a  $\infty$ , recorriendo valores iguales; pero por otro lado podemos tomar  $n - p =$  igual a número constante  $q$  y los  $q$  términos últimos sabemos que tienden a cero por ser de la forma

$\frac{r^n}{n^n}$ , y ser  $r \leq q$ , y resulta que el límite será el mismo que el de la expresión

$$\left(\frac{n}{n}\right)^n + \left(\frac{n-1}{n}\right)^n + \left(\frac{n-2}{n}\right)^n + \dots + \left(\frac{n-i}{n}\right)^n + \dots + \left(\frac{n-p}{n}\right)^n$$

Cada término  $\left(\frac{n-i}{n}\right)^n = \left(1 - \frac{i}{n}\right)^n = \frac{1}{\left(1 - \frac{i}{n}\right)^{-n}}$  que tiende a  $e^{-i}$  y creciendo; luego  $\left(\frac{n-i}{n}\right)^n \leq e^{-i}$ . Pero la serie  $\sum_0^{\infty} e^{-i} = \frac{1}{1 - e^{-i}} = \frac{e}{e-1}$

Luego éste es el límite de la expresión (α).

4. Para que se pueda comprender mejor el alcance y flexibilidad que en sus aplicaciones posee este principio, vamos a vía de ejemplo a demostrar la conocida fórmula de la función gama

$$\Gamma(p) = \lim_{q \rightarrow \infty} \frac{q^p q!}{\Gamma(p+1) \dots (p+q)} \quad (1)$$

cuya demostración es algo complicada y artificiosa en algunos textos de cálculo Integral.

Sabido es que la euteriana de 2.<sup>a</sup> especie

$$B(p, q) = \frac{p(p+1) \dots (p+q-1)}{(q-1)!} \quad (2)$$

cuando  $q$  es un número natural; la demostración de esta fórmula se hace fácilmente integrando por partes y en la integral del 2.<sup>o</sup> miembro se destaca una base  $x$  en  $x^p$  y se pone bajo la forma  $1 - (1-x)$ .

Si en la integral  $B(p, q+1) = \int_0^1 x^{p-1} (1-x)^q dx$ , efectuamos el cambio de variable  $x = \frac{z}{q}$ ,  $dx = \frac{dz}{q}$ , se tendrá

$$B(p, q+1) = \frac{1}{q^p} \int_0^q z^{p-1} \left(1 - \frac{z}{q}\right)^q dr = \frac{q!}{p(p+1) \dots (p+q)} \text{ en virtud}$$

$$\text{de (1), de donde } \int_0^q z^{p-1} \left(1 - \frac{z}{q}\right)^q dz = \frac{q! q^p}{p(p+1) \dots (p+q)}$$

Ahora bien,  $\lim_{q \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{z}{q}\right)^q = e^{-z}$ , siendo constantemente  $\left(1 - \frac{z}{q}\right)^q < e^{-z}$ ; pues de  $e < \left(1 + \frac{1}{n-1}\right)^n$ , se deduce  $e^{-1} > \left(\frac{n-1}{n}\right)^n = \left(1 - \frac{1}{n}\right)^n$

y elevando a  $z e^{-z} > \left( \left( 1 - \frac{1}{n} \right)^z \right)^n > \left( 1 - \frac{z}{n} \right)^n$ , pues  $\left( 1 - \frac{1}{n} \right)^z > 1 - \frac{z}{n}$ .

Luego se verificará  $z^{p-1} \left( 1 - \frac{z}{q} \right)^q < z^{p-1} e^{-z}$ , y por lo tanto

$$\int_{qi-1}^{qi} z^{p-1} \left( 1 - \frac{z}{q} \right)^q dz < \int_{qi-1}^{qi} z^{p-1} \left( 1 - \frac{z}{q} \right)^q dz, \text{ y } \lim \int_{qi-1}^{qi} z^{p-1} \left( 1 - \frac{z}{q} \right)^q dz = \\ = \int_{qi-1}^{qi} z^{p-1} e^{-z} dz.$$

$$\text{Ahora bien, } \Gamma(p) = \int_0^\infty z^{p-1} e^{-z} dz = \int_0^1 z^{p-1} e^{-z} dz + \int_1^{q_1} z^{p-1} e^{-z} dz + \dots + \\ + \int_{q_1}^{q_2} z^{p-1} e^{-z} dz + \dots$$

y sus términos que son positivos son mayores al mismo tiempo que límites de los términos de la suma  $S_i = \int_0^{qi} z^{p-1} \left( 1 - \frac{z}{q} \right)^q dz = \\ = \int_0^{q_1} z^{p-1} \left( 1 - \frac{z}{q} \right)^q dz + \int_{q_1}^{q_2} z^{p-1} \left( 1 - \frac{z}{q} \right)^q dz + \dots + \int_{qi-1}^{qi} z^{p-1} \left( 1 - \frac{z}{q} \right)^q dz;$

luego  $S_i$  es una función  $f(q, i)$  a la cual podemos aplicarle el principio expuesto haciendo que  $q$  e  $i$  tiendan simultáneamente a  $\infty$ ; y haciendo así, será  $\lim_{q \rightarrow \infty} S_i = \Gamma(p)$ . Pero  $S_i = \frac{q_i! q_i^n}{p(p+1) \dots (p+q_i)}$ ; luego

$$\Gamma(p) = \lim_{qi \rightarrow 0} \frac{q_i! q_i^n}{p(p+1) \dots (p+q_i)} \text{ que es la fórmula (1).}$$

# Estudio Físico Químico de Celulosa, Viscosa y Fibras

por E. BLANCHARD

## INTRODUCCION

Desde que en el año 1665 Robert Hooke enviase en su comunicación a la Royal Society de Londres un estudio sobre la posibilidad de obtener largas fibras e hilos a partir de soluciones viscosas de ciertas substancias, hasta nuestros días, ha transcurrido un largo periodo de tiempo en el cual el pensamiento humano se ha dedicado con especial atención una vez más, a esa tarea de tratar de obtener en el Laboratorio y en la Fábrica productos análogos a los que la naturaleza nos suministra y que sean capaces de suplirlos o de mejorarlos en cuanto a lo que a sus propiedades o a su coste se refiere. En el terreno de las fibras textiles han culminado estos esfuerzos durante los últimos años dando a su industria un desarrollo jamás igualado, por su rapidez e intensidad.

Dado el gran incremento que ha tomado en los últimos años la industria de los derivados de viscosa y en especial la rama de las fibras textiles artificiales, aun en aquellos países ricos en materias textiles naturales, la industria nacional no ha podido menos de pensar en la necesidad de establecer en nuestro suelo instalaciones potentes y modernas que nos diesen una cierta autonomía, lo mismo en lo referente a la obtención de celulosa que a la de fibras textiles celulósicas artificiales.

Ahora bien, estas últimas, que han surgido casi exclusivamente en el último decenio con un desenvolvimiento y desarrollo grandioso, aunque ya han alcanzado un nivel muy apreciable en cuanto a sus propiedades se refiere, se encuentran en un continuo estado de perfección, el cual se efectúa gracias a la ininterrumpida e infatigable labor de investigación de una serie de laboratorios e instalaciones de experimentación anexas, en su mayoría, a las grandes fábricas. Estos laboratorios y secciones de investigación son hoy día indispensables en este tipo de industria, ya que sin ellos

se es sólo un organismo incapaz de tener vida propia y está sujeto a las aportaciones que en forma de patente o nuevos métodos puedan traerle de fuera, con el fin de mejorar las propiedades de los productos manufacturados o de crear otros que puedan competir con los de otras fábricas o aun con los procedentes del extranjero.

La principal tendencia habida en la obtención de fibras textiles artificiales ha sido el acudir a los productos celulósicos naturales, eliminar las impurezas que acompañan a su principal constituyente —la celulosa—, y dar a ésta una forma adecuada, por ejemplo, de solución, de la que sea factible el obtener un largo hilo y en el que, eliminado el disolvente, nos quede el largo núcleo celulósico. No solo se ha acudido a los productos celulósicos para la obtención de fibras artificiales, sino que la caseína y los productos polímeros de elevado peso molecular (polímeros o derivados de policondensaciones) son hoy día materias primas para aquel fin; pero, aunque algunas de las fibras obtenidas con estos productos policondensados sean de propiedades más aceptables que las celulósicas, su estudio se halla, hoy por hoy, restringido a pequeños núcleos y a algunas comunicaciones y patentes escuetas.

Su estudio está aún en los primeros pasos, si bien hay que decir que ellos han sido bien fructíferos y seguros, ya que todos sabemos el desarrollo que ha tenido su utilización en los últimos tiempos, particularmente en los Estados Unidos y Alemania.

Aunque prestando gran atención a la marcha ascendente de las mencionadas fibras sintéticas, *hemos orientado nuestros esfuerzos a dedicar una modesta contribución al estudio de los procesos físico-químicos que juegan un gran papel en la marcha general de obtención de fibras celulosicas por el proceso viscosa.*

## PLAN DE TRABAJO

Dividimos desde un principio nuestra actividad en tres partes, atendiendo a las tres partes principales en que puede dividirse el proceso de fabricación de las fibras textiles: celulosa, viscosa, y fibras. Esta división la hemos conservado en el presente trabajo, aunque se trata de un estudio único en el que, para no ocasionar alguna confusión, se ha preferido mantener ciertas separaciones.

La primera fase comprende el estudio de diversos tipos de celulosas, así como de su posibilidad de utilización para la obtención de viscosa; se emplea para ello un nuevo método que describiremos con todo detalle. Actualmente tiene este estudio una gran importancia, ya que nos permite conocer con bastante exactitud, importantes propiedades de celulosas y, por él, nos es posible elegir aquéllas que son más adecuadas para el fin

que perseguimos; esta selección ha de hacerse ahora con mayor atención al haber aumentado considerablemente el número de materias primas para la obtención de celulosas, ya que, por escasez de la madera de pino y de abeto en muchos países, es preciso acudir a maderas como la de haya o a plantas anuales, como la paja de cereales, arundo donax, etc., que nos proporcionan celulosas de características muy diferentes entre sí.

En la segunda fase estudiamos el proceso de maduración de las viscosas obtenidas con estas celulosas, aplicando especialmente un nuevo método elástico que permite una mayor exactitud para juzgar el comienzo de formación de una fase sólida en la masa viscosa que se analiza.

Por último, estas viscosas hiladas nos suministran una serie de fibras, cuya orientación de sus cristalitas se estudia por interferencias de rayos X, viendo la influencia de diferentes estiramientos sobre aquellas orientaciones y sobre las propiedades físicas de las fibras.

Estas tres partes se resumen en los siguientes puntos:

I. — Aplicación de una nueva técnica para el estudio de celulosas y de los factores que intervienen en la fabricación de la viscosa.

II. — Estudio de la maduración de la viscosa, dando un nuevo método para la determinación del punto de coagulación.

III. — Hilado de las viscosas anteriores, con estudio roentgenográfico de las fibras obtenidas. Comparación de la disposición supermolecular con las propiedades físicas de la fibra.

## PRIMERA PARTE

El procedimiento más moderno y extendido para la transformación de celulosa en derivados de gran importancia como son las fibras textiles artificiales, el celofan, etc., es el llamado "método viscosa", que parte de la álcali-celulosa obtenida por Mercer en 1844 por inmersión de la celulosa en una lejía alcalina, tratándola según encontraron en 1891 Cross, Bevan y Beadle, por sulfuro de carbono y disolviendo la combinación resultante en lejas alcalinas diluidas. La elevada viscosidad de la solución resultante ha conducido a que se le denomine "viscosa", constituyendo esto la base de un proceso cuya aplicación a múltiples industrias es un ejemplo apenas igualado en la gran industria química por la rapidez y amplitud de su desarrollo. La celulosa se obtiene de la viscosa por precipitación en baños ácidos adecuados, que contengan sales disueltas, en especial un sulfato. El 90 o 92 % de las fibras textiles artificiales (seda y fibra cortada) proceden del método "viscosa". Es este el que trataremos con detenimiento.

El estudio de estos procesos y de todas aquellas reacciones en las que interviene la celulosa, presenta una gran dificultad para su completa interpretación y es que su molécula no es única y perfectamente definida, su peso molecular no es constante y su carácter es el de una serie de polímeros íntimamente unidos, cuyas propiedades son solamente las definidas por un término proporcional entre las de los polímeros de grado de asociación elevado y las de los componentes de peso molecular más reducido. La naturaleza química de la celulosa es siempre la misma, cualquiera que sea su procedencia, pero no es posible tenerla libre y completamente aislada, sino que va acompañada por cantidades más o menos grandes de los demás constituyentes de la planta origen, con los que no parece hallarse unida químicamente, pero que, sin embargo, resulta casi imposible poder separarla por completo.

Como la celulosa pertenece por la disposición en cadena de sus átomos a los "coloideos lineales", que no obedecen ni a la ley de viscosidad de Einstein ni a la de Hagen-Poiseuille, se tiene que sus propiedades o comportamiento físico se hallan sumamente influenciadas por la presencia de moléculas de longitud de cadena diferente. En la clasificación de los coloides lineales hecha por el mismo Staudinger nos encontramos con los "hemicoloideos", que son aquellos cuyo grado de polimerización está comprendido entre 10 y 50. Estos, en el caso de la celulosa se denominan "Hemicelulosas", concepto que se ha extendido en el sentido técnico a aquellas porciones celulósicas que son solubles en lejía de sosa caustica al 17,5 % y que tienen un grado de polimerización inferior a 150. La parte insoluble en dicha lejía se denomina *alfa-celulosa*, siendo ésta uno de los puntos de referencia principales que sirven para definir una celulosa.

Al tratar una celulosa por lejía de sosa concentrada, no sólo pasan a la disolución las moléculas de celulosa de grado de polimerización bajo, sino que también lo hacen parte de las impurezas que le acompañan, polisacáridos, resinas, etc., que le dan un color amarillento y propiedades

especiales, por lo cual nos vemos en la necesidad de comprender también bajo el nombre de "hemicelulosas" todo lo que de la celulosa es soluble en lejía de sosa a 17,5 %. Se ha escogido esta concentración por ser aquella que, exacta o aproximadamente, vamos a emplear más tarde en la obtención de la viscosa.

## PARTE EXPERIMENTAL

Dada la importancia que en el proceso viscosa tiene la filtración de esta y teniendo en cuenta las dificultades existentes para encontrar un método químico, físico o físico-químico que nos permita deducir conclusiones sobre la celulosa empleada o sobre los factores que intervienen en la fabricación de la viscosa, optamos por seguir para este fin el estudio de la filtración de las viscosas, partiendo de las indicaciones hechas por el extinguido Deutsche Fachgruppe der chemische Herstellung von Fasern y utilizando la fórmula de filtración que indicaremos después. Se ha empleado para las medidas un aparato que esquemáticamente propuso el citado Grupo, habiendo designado nosotros con el nombre de "índice de filtración" al valor resultante de aplicar la fórmula mencionada a los datos que nos proporciona este aparato.

No existen trabajos concretos sobre el estudio de la filtración de la viscosa y la influencia que puede tener sobre ella la variación de los factores que intervienen en la fabricación de la misma. Siendo la filtración, por otra parte, operación importantísima respecto a la marcha general de fabricación, hemos establecido las relaciones entre tipos de viscosa y su comportamiento en la filtración, mediante una técnica original que nos da los valores de dicho "índice de filtración" y permite deducir interesantes conclusiones, expuestas en las páginas siguientes y resumidas al final.

Describiremos primeramente el método tipo que hemos seguido para la obtención de la viscosa en todos los casos y después trataremos sobre el procedimiento de medida de la filtración.

### VISCOSA

1.<sup>o</sup> Se merceriza 1 kg. de celulosa en hoja (con 92 % de materia seca aproximadamente) en un baño prensa horizontal, con una lejía de sosa cáustica de 223 gr/l. y en proporción de 20 kg. de lejía por un kg. de celulosa. El tiempo de mercerización es de una hora y la temperatura 18-20° C.

2.<sup>o</sup> Una vez transcurrido ese tiempo, se prensa la álcalicelulosa, hasta un grado de prensado de 2,8-3 (una parte de celulosa y 2,8-3 de álcalicelulosa), con lo que se tiene una composición para la álcalicelulosa de 29,5-30,5 % de alfacelulosa y 15-16 % de sosa cáustica.

3.<sup>o</sup> La álcalicelulosa se desmenuza durante 2 horas en un desmenuzador de paletas horizontales en hélice y dentadas, procurando por medio del líquido refrigerante que la temperatura no suba de 20° C.

4.<sup>o</sup> La álcalicelulosa se somete a una maduración, que consiste en mantenerla durante un cierto tiempo a la acción del oxígeno del aire, con lo que se consigue una despolimerización de las moléculas de celulosa y

una viscosidad determinada en la viscosa resultante. Para la maduración, se mete la alcalicelulosa en un frasco de unos 20 l. y éste se coloca en un termostato a 20° C.

5º La alcalicelulosa madurada se xantogena con un 35 % de sulfuro de carbono, referido a la cantidad total de alfacelulosa, en el mismo frasco de la maduración, durante 150 minutos. La temperatura inicial es de 20° C. y debe ir aumentando paulatinamente hasta llegar al final a los 28° C.

6º El xantato formado se disuelve al final de la xantogenación en el mismo frasco, añadiendo las cantidades de lejía de sosa y agua que el cálculo nos indique, de modo que se obtenga una viscosa de composición 7,8-8,1 % de alfa-celulosa y 6,9-7,1 % de NaOH. La disolución se hace con agitación por medio de un agitador que se introduce por la boca del frasco y va movido por un motorcito; la temperatura de la masa no debe subir de los 20° C. y el tiempo de disolución es de 5 horas.

7º La viscosa obtenida se deja en maduración durante 19 horas, a 20° C., sometiendo seguidamente el frasco en que está al vacío, para eliminar las burbujas de aire.

8º La viscosidad de la viscosa se mide por los segundos que tarda en caer una bola de acero de 1/8 de pulgada de diámetro (su peso debe oscilar entre 128 y 131 mg.), sumergida en la viscosa, entre dos tramos distantes 200 mm. y a una temperatura de 20° C. Su valor debe oscilar entre 35-55 segundos de caída.

9º De la viscosa obtenida y madurada, se determina con un intervalo de tiempo lo más corto posible y en dos muestras diferentes el *índice de filtración* según el procedimiento que describiremos seguidamente. El valor medio de los dos valores lo tomamos como valor verdadero de la constante de filtración de la muestra investigada.

#### DETERMINACIÓN DEL “ÍNDICE DE FILTRACIÓN” DE UNA CELULOSA

Estudiando teóricamente la relación existente en la filtración de una viscosa (para una presión constante sobre ésta), entre el tiempo de filtración y la cantidad filtrada P, se encuentra la expresión dada por Hermans y Bredée (1).

$$\frac{C_f}{2} \times t = \frac{t}{P} - \frac{1}{V_0} \quad (1)$$

donde  $C_f$  es el llamado “índice de filtración” y  $V_0$  es la velocidad inicial de filtración. Este dato  $C_f$  nos da la medida del aumento del taponamiento del filtro en el transcurso de la filtración y es prácticamente independiente de la velocidad de filtración, la cual sólo viene influenciada por la viscosidad del líquido y por la presión reinante sobre ésta. Este  $C_f$  depende, para una misma presión en el filtro, de la superficie filtrante y del material filtrante que ha de atravesar la viscosa. Para poder establecer una relación o comparación entre las filtraciones de diferentes viscosas, se ha de operar siempre en las mismas condiciones y, por tanto, se fijan convencionalmente unos paños filtrantes de la composición que damos a continuación y para la superficie filtrante un valor de  $8,77 \text{ cm}^2$ , que corresponde a una chapa perforada con 144 orificios de 3 mm. de diámetro, dispuestos circularmente y a una distancia de unos 2 mm. entre sí.

Los paños filtrantes son tres, que designamos con la numeración 1, 2, 3, según el orden en que van colocados, de superior a inferior; sus características son las siguientes:

	Filtro 3		Filtro 1	
	Trama	Urdimbre	Trama	Urdimbre
Número de hilos/cm.	26	26	47	50
Peso/m <sup>2</sup>	183 gr.		100 gr.	
Espesor		0,62 mm.		0,27 mm.
Resistencia a la rotura/cm.	8,7	11	6,8	10,7 kg.
Estiramiento/cm.	15,5	13,1	8,5	14,5 %

Estos dos filtros son de algodón, así como el número 2 que es de algodón prensado del tipo especial que fabrica la Casa Oswald Schubert, de Harthau (Alemania), de un peso de 230 gr./m.<sup>2</sup>.

Los tres filtros van colocados sobre una placa de hierro circular, de 3 mm. de espesor, perforada por los 144 orificios ya mencionados. La superficie filtrante de éstos se toma convencionalmente en el cálculo como superficie unidad.

La presión a que se somete la viscosa para que atraviese el filtro es de tres atmósferas absolutas.

El índice de filtración se determina por la expresión:

$$C_f = 200.000 \frac{\frac{t_2}{P_2 + P_1} - \frac{t_1}{P_1}}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

que hemos deducido de (1)

En ella  $P_1$  es la cantidad de viscosa que atraviesa el filtro en el tiempo  $t_1$  y  $P_2$  el peso en gramos de la misma que filtra en el tiempo  $t_2$ , contado a partir del  $t_1$ . Si  $t_1 = 20$  minutos y  $t_2 = 60$  minutos,  $P_1$  es la cantidad de viscosa que filtra en esos primeros minutos y  $P_2$  la que filtra de los 20 a los 60 minutos; entonces la expresión (2) se nos transforma en:

$$C_f = 100.000 \cdot \frac{2 - \frac{P_2}{P_1}}{P_2 + P_1} \quad (3)$$

La relación  $t_1 : t_2 = 1 : 3$

La expresión (2) se utiliza tan sólo en el caso en que no se hayan seguido exactamente los tiempos de filtración indicados, de 20 y 60 minutos y no se desea repetir la operación.

La velocidad de salida  $v_0$  de (1) o velocidad inicial de filtración se calcula partiendo de los valores de  $P_1$  y  $P_2$  y resulta ser:

$$v_0 = \frac{P_1}{P_2} \cdot \frac{P_1 - P_2}{30} \text{ gr/min.} \quad (4)$$

Este valor no se da nunca para determinar una filtración, ya que depende de la presión a que se halla sometida la viscosa, de su viscosidad y de la calidad de los paños filtrantes.

El *aparato de filtración* (fig. 1) consta de un tubo de hierro de 2,5 litros

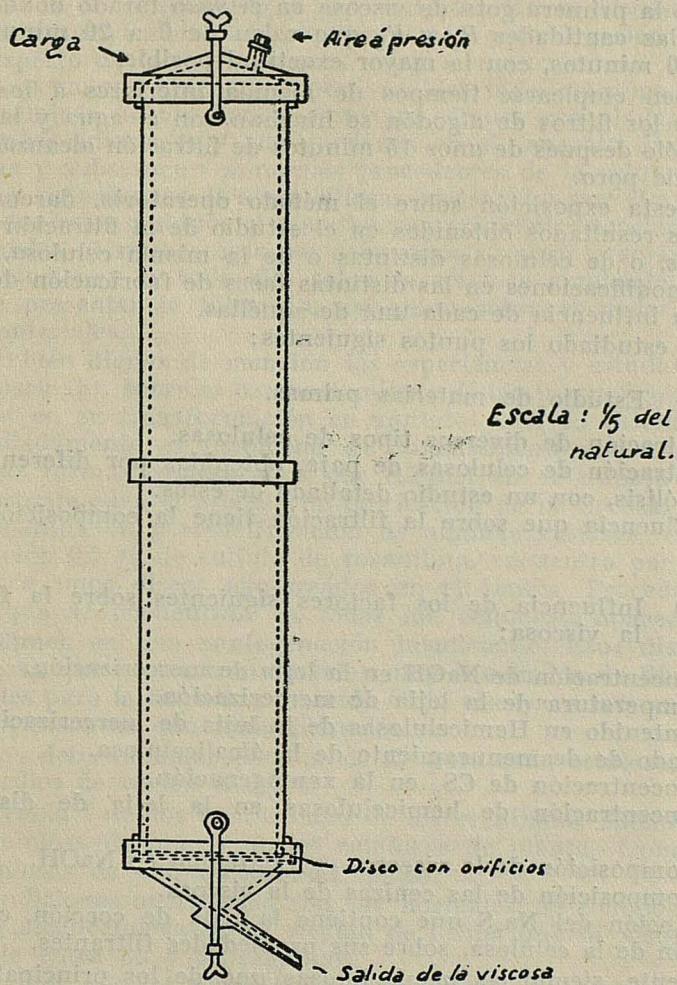


FIG. 1

de volumen y tiene 85 mm. de  $\Phi$  interior. La tapa superior va provista de una entrada para el aire a presión, las paredes laterales son perfectamente lisas y sobre la tapa cónica inferior y ajustados entre ésta y el tubo, van: el disco perforado de hierro, los paños filtrantes y una arandela de goma que hace junta hermética. La presión necesaria para la filtración es de tres atmósferas y se da por medio de un tubo de nitrógeno a presión, con regulador y manómetro. Todo el dispositivo va montado sobre un soporte giratorio que permite inclinarlo para su vaciado y limpieza.

Para la ejecución de la determinación se coloca el tubo vertical, se le pone el filtro y la tapa inferior, se llena de viscosa, se fija la tapa superior y se pone en comunicación con el recipiente de nitrógeno a presión. Esta no se da repentinamente, sino que se hace subir lentamente y en unos cinco segundos. El cronómetro se pone en marcha en el momento en que cae la primera gota de viscosa en el vaso tarado donde se recoge. Se miden las cantidades  $P_1$  y  $P_2$  que salen de 0 a 20 minutos y desde 20 hasta 60 minutos, con la mayor exactitud posible.

No deben emplearse tiempos de medida inferiores a los indicados, puesto que los filtros de algodón se hinchan con el agua y la lejía de la viscosa y sólo después de unos 15 minutos de filtración alcanzan el tamaño definitivo de poro.

Hecha esta exposición sobre el método operatorio, daremos a continuación los resultados obtenidos en el estudio de la filtración de viscosas procedentes, o de celulosas distintas o de la misma celulosa, pero introduciendo modificaciones en las distintas fases de fabricación de la viscosa, para ver la influencia de cada una de aquéllas.

Se han estudiado los puntos siguientes:

a) Estudio de materias primas.

- 1.º Filtración de diversos tipos de celulosas.
- 2.º Filtración de celulosas de paja, obtenidas por diferentes métodos de prehidrólisis, con un estudio defallado de éstos.
- 3.º Influencia que sobre la filtración tiene la composición de la celulosa.

b) Influencia de los factores siguientes sobre la filtración de la viscosa:

- 4.º Concentración de NaOH en la lejía de mercerización.
- 5.º Temperatura de la lejía de mercerización.
- 6.º Contenido en Hemicelulosas de la lejía de mercerización.
- 7.º Grado de desmenuzamiento de la alcalicelulosa.
- 8.º Concentración de CS<sub>2</sub> en la xantogenación.
- 9.º Concentración de hemicelulosas en la lejía de disolución del xantato.
- 10.º Composición de la viscosa. — Contenido en NaOH.
- 11.º Composición de las cenizas de la viscosa.
- 12.º Acción del Na<sub>2</sub>S que contiene la lejía de cocción, empleada en la obtención de la celulosa, sobre sus propiedades filtrantes.

Finalmente, siendo las hemicelulosas uno de los principales acompañantes de la alfa-celulosa y ejerciendo aquéllas una influencia marcada sobre las propiedades de la celulosa, estudiamos la relación que existe entre las distintas cantidades de hemicelulosas presentes en la fibra y sus propiedades físicas.

1.— FILTRACIÓN DE DIVERSOS TIPOS DE CELULOSA (VALORES DE C<sub>f</sub>)

No todas las celulosas de contenido elevado en alfacelulosa que industrialmente se obtienen son adecuadas para dar una viscosa de buenas cualidades filtrantes y, por tanto, apropiadas para las industrias de fibras textiles artificiales, sino que entre aquéllas ha de elegirse un número

reducido, que, por sus cualidades morfológicas o por el reducido contenido en impurezas, nos den viscosas aceptables. Hasta ahora no ha sido posible definir técnicamente las buenas o malas cualidades de una celulosa, en lo referente a la filtración de la viscosa que con ella se obtiene, conociéndose sólo los trabajos de E. Kühnel (2), quien diluye la viscosa con agua y sosa al 5 %, filtrando a continuación. En la viscosa filtrada se separan cuantitativamente las impurezas por centrifugación. Kühnel observa el aspecto de estos residuos y ve que se encuentran en la viscosa fibras más o menos hinchadas, pero no del todo atacadas y disueltas, restos de celulosa no hinchados, restos de viscosa coagulada, procedentes de operaciones anteriores y que quedaron en el aparato disolvedor o en las tuberías y substancias minerales procedentes de la celulosa, así como esqueletos y caparazones de algas silíceas arrastradas por el agua de fabricación. Todos estos residuos que se separan por centrifugación y filtración son observados al microscopio, se determina su peso y se incineran, sacando conclusiones de todo ello sobre la celulosa empleada, dificultades que puede presentar la filtración, así como sobre el poder filtrante de diversos materiales.

Son también dignas de mención las experiencias y estudios efectuados por J. Jurisch (3), sobre el comportamiento físico y químico de las fibras de celulosa en su transformación en xantato y en su disolución. Considera detalladamente el fenómeno de hinchamiento del xantogenato y añade a las formas comunicadas por Kühnel en el trabajo citado, otra muy importante para el proceso de fabricación de la viscosa. En los residuos de la dilución y centrifugación de algunas viscosas, coloreándolos con disolución 0,5 % de sulfato de rosanilina, encuentra por observación microscópica unos discos agujereados en el centro. Proceden de fibras normales que se encuentran en todas las celulosas, apareciendo, como supone Kühnel, en una xantogenación insuficiente. Esos discos, que no son otra cosa que cortes transversales muy hinchados de fibra, son muy perjudiciales para la filtración e hilado de la viscosa y fueron encontrados siempre en casos de una mala filtración.

Nosotros determinamos el valor de  $C_f$  para cada celulosa, sacando los valores medios de varios ensayos.

En la Tabla I damos un resumen de los resultados obtenidos con dos tipos de celulosa de pino, con dos celulosas de plantas frondosas (haya) y con celulosas de plantas anuales (paja).

Las condiciones operatorias son las normales; el tiempo de maduración de la alcalicelulosa se ha elegido de forma que la viscosidad resultante oscile entre 30 y 50 segundos.

Observamos que las plantas de crecimiento muy lento como el pino, nos dan la celulosa de mejores características filtrantes; los valores de  $C_f$  obtenidos, 18,8 y 20, son francamente bajos. Para la celulosa de haya, obtenida también por procedimiento al sulfito, los valores suben algo, en especial en el tipo Waldhof, que precisa por su grado de polymerización elevado, más horas de maduración para la alcalicelulosa que el tipo de la I. G. Farben.

En la celulosa de paja nos encontramos con valores extraordinariamente altos de  $C_f$  que llegan a valer hasta 435 para un tipo que contiene 87,8 % de alfacelulosa. Este valor coincide con el análisis hecho por Kühnel (comunicación particular no publicada) de residuos de viscosas de celulosas de paja, obtenidas por el procedimiento al sulfato, y en las

que abundan en proporción muy elevada, impurezas minerales (sales de Calcio y  $\text{SiO}_2$ ).

Para celulosas de paja, obtenidas ya con tratamientos especiales, que permiten llegar a concentraciones de 94 y 96 % de alfacelulosa, el valor de la constante de filtración baja, llegando a caer dentro del recinto de valores asignado a las celulosas de plantas frondosas.

## 2.— VALORES DE $C_f$ PARA DIVERSAS CELULOSAS DE PAJA, ORDENADAS CON DIFERENTES MÉTODOS DE PREHIDRÓLISIS Y ESTUDIO DE ESTOS.

Por ser el estudio de la obtención de celulosas de elevado grado de pureza a partir de plantas anuales un problema que afecta directamente a algunas grandes industrias de nuestra Patria, nos hemos dedicado con más atención a este tipo de celulosa, viendo la influencia que poseen algunos métodos de tratamiento de las plantas antes de su cocción alcalina en la fabricación de celulosa, sobre la filtración de las viscosas correspondientes.

La prehidrólisis o tratamiento previo no tiene más objeto que eliminar impurezas orgánicas y minerales, pudiendo ejecutarse según la planta o tipo de celulosa por muy diversos procedimientos a los que nos referimos detalladamente en uno de nuestros anteriores trabajos (4).

En la práctica se somete la paja de cereales a una cocción con un líquido ácido por  $\text{H}_2\text{SO}_4$  o por  $\text{SO}_2$  (cocción sulfítica), a continuación de las cuales viene un tratamiento alcalino, con proporciones variables de álcali (de 4 a 10 % de NaOH, referido a celulosa).

Las concentraciones de ácido elegidas oscilan entre 0,5 y 2,5 % y las temperaturas de 115 a 135° C. Un tratamiento se ha hecho con ácido al 2 % y a 80° C., resultando valores de  $C_f$  bastante elevados (243 y 246); con concentraciones elevadas de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (de 0,8 a 2,5 %, no se tiene valores aceptables para la constante de filtración (valor medio 325), no sucediendo lo mismo con una concentración de 0,5 % y temperatura de 130° C., durante tres horas, con lo que resulta  $C_f = 144$  por término medio.

A continuación de éstas, hemos realizado una serie de experiencias con cocción previa al sulfito, con proporción de  $\text{SO}_2$  variable de 2 a 5 % y un 1 % de CaO que hace de tampón; la temperatura se ha variado entre 115 y 130° C y el tiempo de cocción oscila entre 3 y 10 horas; este último para los tratamientos a 115° C. El producto hidrolizado por la acción del bisulfito se somete a una cocción alcalina con proporción de álcali de 1 : 0,2 ó 1 : 0,3 y a temperaturas de 160-165° C.

De todas estas experiencias damos en la Tabla II un resumen, viéndose por ellas que la acción más conveniente es el tratamiento previo con  $\text{SO}_2$  al 2,5 %, durante 10 horas y a 115° C., seguido de una cocción alcalina con una proporción de álcali de 1 : 0,3 y a 160° de temperatura. Se consigue de esta manera que la constante de filtración baje hasta 95, valor que da a estas celulosas una gran aceptación para fines de fabricación de fibras textiles.

Por la prehidrólisis con  $\text{SO}_2$ , así como en la efectuada con  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , pueden obtenerse celulosas con los mismos datos analíticos, aunque en aquellas operaciones se hayan variado las condiciones de trabajo, como son la temperatura y concentración de ácido y después se sometan a coc-

TABLA I

FILTRACIÓN (VALORES DE  $C_f$ ) DE DIVERSOS TIPOS DE CELULOSAS

Materias primas	Alfa cel. %	Grad de pol.	Lej. merce		Grado prensado	Desmenuzamiento		Residuo	Premaduración		Alcalicel		Xantogend		Viscosa		Filtración		$C_f$	Valor medio de $C_f$		
			Na OH gr/1	Temp. °C		Durac. horas	Temp. °C		Tamiz %	Temp. horas	Durac. °C	Alfac. %	Na OH %	CS <sub>2</sub> %	Temp. inic.	C. -	Alfac. %	Na OH %	Viscosa seg.	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	
<b>Celulosa pino</b>																						
DSKY	E. 1 .	88,5	850	221	19	3	2,5	20	1,67	20	55	29,0	15,5	35	20	28	8,28	7,05	46,1	532	989	11,5
	E. 2 .	88,3	910	—	20	%	—	—	0,68	—	—	29,4	15,6	—	—	—	8,12	7,0	47,7	575	991	26
	E. 3 .	87,9	840	—	19	—	—	—	0,34	—	—	29,3	15,7	—	—	—	8,15	7,05	51,2	469	816	19
<b>Celulosa pino</b>																						
Noruega	E. 1 .	88,7	920	223	20	—	—	—	0,82	—	66	29,8	15,6	—	—	—	8,05	6,99	37,4	794	1139	22
	E. 2 .	88,8	935	—	—	—	—	—	1,13	—	—	28,4	15,9	—	—	—	8,02	6,93	41,0	643	1164	11
	E. 3 .	88,4	870	—	21	—	—	—	1	—	63	29,2	15,7	—	—	—	8,03	6,92	40,5	667	1024	27
<b>Celulosa haya</b>																						
Waldhof.	E. 1	88,4	945	225	21	—	—	—	1,42	—	55	29,0	15,6	—	—	—	8,05	7,05	32,4	560	406	132
	E. 2	88,1	860	—	19	—	—	—	1,12	—	—	29,4	15,7	—	—	—	8,03	7,00	29,8	468	354	151
	E. 3	88,6	875	—	—	—	—	—	0,67	—	—	29,6	15,7	—	—	—	7,92	7,02	28,0	456	370	144
<b>Celulosa haya</b>																						
I. G. Farben	E. 1 .	88,5	850	—	—	—	—	—	1,9	—	35	29,9	16,0	—	—	—	8,06	6,92	30,3	644	686	71
	E. 2 .	87,9	830	—	—	—	—	—	1,12	—	—	29,2	15,8	—	—	—	8,07	6,93	30,7	644	630	82
	E. 3 .	88,3	840	—	18,5	—	—	—	1,78	—	—	28,9	15,2	—	—	—	8,10	6,90	29,3	740	674	77
<b>Celulosa paja</b>																						
PHRIX.	E. 1 .	87,8	790	223	19	—	—	—	8,8	—	66	28,6	16,3	—	—	—	8,25	6,95	34,0	258	106	435
	E. 2 .	94,0	710	—	—	—	—	—	11,0	—	70	29,1	15,9	—	—	—	8,08	7,1	42,9	413	204	235
	E. 3 .	95,6	740	—	20	—	—	—	5,3	—	65	29,1	15,7	—	—	—	8,1	6,9	31,9	497	362	146

La lejía de mercerización está libre de hemicelulosas.

Las condiciones de xantogenación son las normales.

TABLA II

VALORES DE  $C_f$  DE CELULOSAS DE PAJA OBTENIDAS CON DIFERENTES MÉTODOS DE PREHIDRÓLISIS.

Mat. primas Celulosa de	Alfacel %	Grado de Polim.	PREHIDROLISIS				Lej. merc.	Grado de prens.	Desmenuzamiento		Residuo en tamiz	Premadurac.		Alcalicel.		V I S C O S A			Filtración		$C_f$	Valor medio $C_f$	
			Medio hidróliz.	Conc. %	Temp. °C	Tiempo horas			Na OH %	Temp. °C		Duración horas	Temp. °C	Alfacel. %	Na OH %	Alfacel. %	Na OH %	Viscosidad seg.	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>			
Paja E. 1 .....	88,2	810	—	—	—	—	223	19	2,9	2 1/2	—	7,8	20	66	28,6	17	8,2	7,0	37,0	256	114	432	
" E. 2 .....	95,7	700	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,5	115	3	—	—	3,1	—	—	5,2	—	—	29,4	15,7	7,9	—	42,9	380	267	200	198
" E. 3 .....	94,0	710	—	2,0	80	2	—	—	—	—	—	10,9	—	70	29,1	15,9	8,0	7,1	39,2	413	204	243	245
" E. 4 .....	94,6	740	—	1,0	130	3	—	20	—	—	—	6,8	—	75	29,5	15,7	8,1	7,0	42,7	275	92	454	451
" E. 5 .....	95,6	890	—	0,8	135	3	—	18	—	—	—	4,6	—	80	29,2	15,8	8,0	7,3	43,5	186	135	398	407
" E. 6 .....	—	740	—	0,5	130	3	—	20	—	—	—	5,3	—	65	29,1	15,7	8,1	6,9	31,9	497	122	416	
" E. 7 .....	95,5	740	—	—	—	3	—	19	—	—	—	10,0	—	—	29,6	15,8	7,9	6,9	38,5	534	362	146	153
" E. 8 .....	95,3	720	SO <sub>2</sub>	5	115	4,5	—	—	—	—	—	8,5	—	—	—	—	—	—	34,7	542	402	143	
" E. 9 .....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,4	—	—	29,6	15,6	8,2	7,2	38,7	475	425	123	127
" E. 10 .....	—	—	—	—	—	—	—	20	—	—	—	8,9	—	—	29,0	15,7	8,0	7,0	32,5	490	394	135	130
" E. 11 .....	95,5	810	—	2,5	—	10	—	18	—	3	—	6,0	—	72	30,4	15,4	8,0	7,0	27,8	455	314	170	165
" E. 12 .....	—	—	—	—	—	—	—	19	—	3 1/4	—	3,3	—	35	28,4	15,9	8,2	6,9	70,4	537	423	132	129
" E. 13 .....	95,7	780	—	—	—	—	—	18	2,8	2 1/2	—	4,7	—	50	—	—	—	—	45,0	500	564	82	82
" E. 14 .....	—	—	—	—	—	—	—	19	2,9	3	—	—	—	—	30,6	15,9	8,0	6,8	47,1	507	614	103	99
																			548	492	98		

ciones alcalinas idénticas. Para saber cuál es el mejor tratamiento ha de acudirse a la determinación de  $C_f$  viéndose en la Tabla III los distintos valores que ésta puede tomar en diferentes celulosas, aunque sus características o datos químicos sean muy parecidos.

Estudiando los resultados obtenidos en todas estas experiencias, podemos resumirlos en los siguientes puntos:

1. — En la prehidrólisis con ácido sulfúrico resulta un producto más áspero, mientras que por la acción del  $\text{SO}_2$  es aquél más suave y "blando"; por su mayor facilidad de afelpamiento es más adecuado para sufrir un buen lavado para la formación de la napa. Estas características no se mejoran por mezcla de  $\text{SO}_2$  con  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

2. — El producto resultante del tratamiento con ácido sulfúrico es de color pardo oscuro, debido a la aparición de ácido libre junto con el ácido ligninsulfónico. Este producto no puede blanquearse bien por una cocción alcalina. El producto tratado por anhídrido sulfuroso es de color más claro que el anterior.

3. — No puede disminuirse todo lo que se desearía la concentración del  $\text{H}_2\text{SO}_4$  en la prehidrólisis, porque una parte de él se emplea en reaccionar con impurezas que lleva la paja y con una buena parte de sus cenizas; esto disminuye considerablemente el tanto por ciento del ácido presente si la cantidad de éste es pequeña y, en cambio, la influencian poco si es grande. En la acción del  $\text{SO}_2$  puede elevarse la concentración hasta 5-6 %, con lo que se disminuye considerablemente de tiempo de cocción. Empleando  $\text{SO}_2$  puede elevarse la concentración hasta 5-6 %, con lo que se disminuye considerablemente de tiempo de cocción total, desde que se comienza a elevar la temperatura hasta el final, de tres horas.

4. — Por vacío y absorción del  $\text{SO}_2$  contenido en el líquido de la prehidrólisis, puede recuperarse hasta un 75 % de aquél, que ya es factible de ser empleado en la cocción siguiente. Con el ácido sulfúrico no puede efectuarse esta recuperación, ya que se ha de neutralizar por cal y separar por filtración el sulfato cálcico formado.

5. — Por el tratamiento por  $\text{SO}_2$  se tiene una separación de grandes cantidades de lignina (contenida en la paja), que pasa el líquido ácido; con el ácido sulfúrico resulta, por el contrario, un enriquecimiento en lignina de la paja tratada.

6. — El hidrolizado líquido contiene un elevado porcentaje de azúcares en el tratamiento por  $\text{SO}_2$ , mayor que en la acción por  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; esto se explica porque al disolver el anhídrido sulfuroso proporciona mayores de lignina, las partes disueltas de ésta dejan nuevas superficies de la celulosa libres para la hidrólisis.

Otro factor que interviene de forma que el rendimiento de la acción del  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sea menor es el desdoblamiento por éste ejercido sobre los azúcares (en ácidos fórmico y lavulínico).

7. — En la cocción alcalina que sigue a la prehidrólisis se observa que el gasto de álcali es menor que cuando aquélla se efectúa sin  $\text{SO}_2$ .

El ataque también es mejor y, de esta forma, se reduce el gasto de cloro en el blanqueo..

TABLA III

## DATOS OPERATORIOS Y RESULTADOS ANALÍTICOS DE VARIAS CELULOSAS DE PAJA PREHIDROLIZADAS

Medio	PREHIDROLISIS			COCCION ALCALINA				COMPOSICION DE LA CELULOSA							
	Conc. %	Dura- ción horas	Temp. °C	Proporción de alc. de lej. 1:0	Temp. 1:	Grado de ataque	Alfacel %	Goma de madera %	Visco- sidad seg.	Grado de Polim.	Cenizas %	Fe mg. %	Extr. diclor metano	C <sub>f</sub>	
E. 1    SO <sub>2</sub>	3,0	4 $\frac{1}{2}$	125	0,35	7,0	160	15,0	94,6	1,50	11,4	670	0,11	7,1	0,52	138
2    —	5,0	4	115	0,3	6,0	165	12,0	95,3	1,98	14,2	735	0,18	8,3	0,51	116
3    —	2,0	10	—	—	7,0	160	10,5	95,6	1,28	16,1	835	0,19	11,0	0,23	181
4    H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,0	3	115	0,25	6,5	160	17,5	94,5	1,61	14,6	760	0,10	6,8	0,12	430
5    —	2,5	—	—	—	8,0	—	24,0	95,6	1,60	14,1	720	0,09	7,1	0,21	202
6    —	0,5	—	130	0,3	7,0	165	20,0	95,2	1,40	14,0	740	0,10	7,6	0,28	162

8.— Por último, en lo que representa a la posibilidad de filtración de las viscosas obtenidas con estas celulosas prehidrolizadas, se encuentran diferencias en las constantes de filtración, tal como puede verse en la Tabla III, correspondiendo un valor medio más alto a las que han sufrido una prehidrólisis con ácido sulfúrico.

Todo esto que acabamos de exponer, nos hace ver la conveniencia de prehidrolizar la paja de trigo o de centeno cuando se desea obtener de ellas celulosas nobles, siguiendo el tratamiento con  $\text{SO}_2$  preferentemente.

El estudio económico comparativo de los dos procesos de ennoblecimiento, unido al de aprovechamiento de los líquidos de la prehidrólisis para la obtención de furfural o levaduras ricas en materias albuminoideas, de la cual nos ocupamos en otra ocasión (5), nos lleva a la conclusión de que pueda compensarse el costo mayor del  $\text{SO}_2$  con un rendimiento superior en aquellos productos que se obtienen en el aprovechamiento del líquido prehidrolizado.

### 3.— RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN DE LA CELULOSA Y LA FILTRACIÓN DE LA VISCOSA

Comparando los resultados obtenidos con cuatro tipos diferentes de celulosa que damos en la Tabla IV, observamos que una mayor concentración de alfacelulosa en el producto primitivo es, desde luego, una garantía de una mejor filtración; por ello han de ser preferidas las celulosas ennoblecidas.

Lo mismo con las celulosas de pino que con las de paja se tiene una mejor filtración cuando el porcentaje de alfacelulosa es de 92-93 % o superior; esta diferencia entre las celulosas ennoblecidas y las normales se pone muy de manifiesto en aquellas celulosas que, como la de paja, no es de muy buenas propiedades filtrantes.

Al crecer la concentración es alfacelulosa, disminuye la de las hemiacelulosas, por lo que se ve que una menor cantidad de éstas en la celulosa es altamente beneficiosa para la filtración.

El extracto que se obtiene tratando la celulosa en un aparato Soxhlet con diclorometano y que contiene todos los productos resinosos y ceras solubles en aquél, es también más reducido en las celulosas de constante de filtración baja.

El número de cobre y el grado de polimerización de la celulosa, no poseen influencia aparente sobre la filtración, siempre que oscilen dentro de los valores comprendidos en la Tabla.

Las cenizas son un factor que juega un gran papel en la filtración, lo mismo por su porcentaje, que por su calidad. Aquél se reduce gradualmente por el ennoblecimiento o por la prehidrólisis de la celulosa, viéndose que a ello va unida una gran mejora en la filtración. En la celulosa de paja, que es la más rica en cenizas, se nota un descenso considerable de éstas cuando se somete a la prehidrólisis.

### 4.— INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN EN $\text{NaOH}$ DE LA LEJÍA DE MERCERIZACIÓN SOBRE LA FILTRACIÓN DE LA VISCOSA.

Estudiando la constitución de la celulosa, se deduce que entre los grupos de haces de fibras o conjuntos micelares, existen numerosos espacios

TABLA IV

## RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN DE LA CELULOSA Y LA FILTRACIÓN DE LA VISCOSA

Clase de celulosa	Proceso de obtención	Alfacel %	Hemicel %	Extracto diclmet. %	Cenizas %	Número de cobre	Visco-sidad seg.	Grado de polim.	$C_f$	OBSERVACIONES
Pino del Norte	E. 1	Sulfito	88,9	9,0	0,83	0,27	1,14	35	730	26
"	E. 2	"	86,6	7,8	0,75	0,19	1,30	42	760	38
"	E. 3	"	93,5	1,2	0,25	0,17	1,61	75	800	2,15 Ennoblecida.
Pino silvestre	E. 4	Sulfato	87,9	12,0	0,03	0,31	0,40	14	610	45
"	E. 5	"	88,3	11,3	0,027	0,28	0,30	16	580	72
"	E. 6	"	94,1	2,8	0,015	0,19	0,33	38	760	37 Ennoblecida por prehidrólisis.
Huya	E. 7	Sulfito	86,8	8,0	0,23	0,18	1,7	25	680	185
"	E. 8	"	87,4	9,2	0,21	0,20	0,9	48	830	131
Paja	E. 9	Sulfato	87,4	11,3	0,31	0,38	0,30	46	870	231
"	E. 10	"	86,9	12,2	0,28	0,33	0,32	36	680	302
"	E. 11	"	92,0	4,0	0,24	0,18	0,25	55	910	93 Ennoblecida por prehidrólisis.

vacíos, llenos de aire, que dan a la fibra un carácter poroso. Al introducir la celulosa en un líquido, fija una cierta cantidad de éste, no tratándose aquí de un simple fenómeno de capilaridad (absorción por capilaridad), sino que entran en juego verdaderas fuerzas de solvatación, debidas principalmente a la existencia de grupos polares en los restos de glucopiranosa, como son los OH, los cuales poseen la conocida tendencia de rodearse de una capa de grupos hidroxilos. La cantidad es mayor que la correspondiente a una sencilla acción capilar, pero esa fijación no es originada por todos los OH de los restos glucopiranosa, sino tan sólo por aquéllos que no se saturan entre sí por valencias residuales, es decir, aquellos libres que corresponden a los recintos amorfos de las fibras; son éstos los preferidos para la fijación de las moléculas de agua.

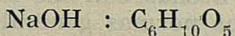
Con la introducción de las moléculas de agua, tiene lugar un cierto hinchamiento o aumento de volumen con tendencia a separar aquellas moléculas de los recintos o agregados moleculares ordenados. Aunque en un principio se creyó que el diagrama roentgenográfico de la celulosa no variaba al hincharse ésta por inmersión en agua, Sakurada y Hutino (6) viene a demostrar por medidas exactas de los diagramas de rayos X que existe una pequeña modificación en el conjunto micelar, por formación de un nuevo tipo que designan con el nombre de "acuocelulosa", confirmado las primitivas medidas de Sponsler y Dore (7).

Midiendo los volúmenes de la fibra seca y del agua fijada en el hinchamiento, se observa que la suma es mayor que el de la fibra hinchada, lo que explica Frey-Wyssling (8) por la teoría dipolar, que nos dice que las moléculas de agua se unen por su carácter de dipolo a los OH negativos, tomando ya una posición dirigida y fija. Estas moléculas que pierden así su movilidad, precisan o poseen una esfera de acción menor que la de las moléculas libres, por lo que se tiene en resumen, una contracción del agua fijada por la celulosa.

Cuando se sumerge la celulosa no en agua, sino en una disolución de un álcali, se comprueba analíticamente que la cantidad de éste fijada es mayor que la que corresponde al agua retenida. Las cantidades de álcali, NaOH por ejemplo, fijadas, varían con la concentración de la disolución, obteniéndose por diferentes investigadores una serie de valores bastante coincidentes. La cantidad de NaOH fijada crece a medida que aumenta la concentración de la lejía, encontrándose por Viewig (9) y otros, una curva con un tramo horizontal entre 15 y 24 % de NaOH, es decir, que en este recinto la cantidad de álcali fijada permanece constante.

Esto nos hace ver que tampoco se trata aquí de un sencillo fenómeno de absorción, sino que existe una verdadera unión química; no es tampoco un fenómeno reversible, es decir, que no se obtiene la celulosa primitiva por lavado del álcali.

Schwarzkopf (10), partiendo de la suposición de que no toda el agua fijadas por la celulosa figura como disolvente de la NaOH, llega a deducir que la cantidad de álcali retenido, correspondiente a la porción de curva comprendida entre 15 y 24 %, responde a la proporción molecular,



o sea, que en peso se fija un 25 % de NaOH respecto a cada grupo glucosado.

Según K. Hess (11), se ha de tener primero en cuenta una modificación de la celulosa en celulosa-hidrato, la cual presenta una mayor aptitud para

poder entrar a formar parte de reacciones químicas, que la modificación natural, teniendo lugar también reacciones de despolimerización por la acción del álcali.

Nosotros hemos estudiado la influencia que tiene la concentración variable de la lejía de mercerización sobre la álcalicelulosa resultante, midiendo la filtración de la viscosa que a partir de aquélla se obtuvo. En la práctica industrial se suele tomar como norma una concentración de 220-235 gr/l. de NaOH, ya que con ella se tiene una álcalicelulosa que madura bien y que da una buena viscosa. La concentración la hemos variado de 160 á 260 gr/l. de NaOH, viéndose en la Tabla V los valores resultantes para la constante filtración en cada caso.

TABLA V

*Influencia de la concentración en NaOH de la lejía de mercerización sobre la filtración de la viscosa*

Celulosa	Lej. merc.		Grado de presn.	Alfa-cel		Alfa-cel. %	Na OH %	Visco-sidad seg.	C f
	Na OH gr/1	Temp. °C		Alfa-cel. %	Na OH %				
<b>Pino del Norte</b>									
E. 1	160	18	3,1	30,1	14,1	8,1	6,9	195	428
" E. 2	180	—	3,0	29,7	14,8	7,9	6,9	140	201
" E. 3	200	—	3,1	29,2	15,2	8,0	7,0	99	110
" E. 4	220	—	—	29,5	15,8	8,0	7,1	45	60
" E. 5	240	—	—	29,6	15,7	7,8	7,0	42	48
" E. 6	260	—	3,0	30,2	16,3	8,1	7,2	45	53

La viscosa se obtiene según las normas generales.

En la figura 2 damos gráficamente el descenso de  $C_f$  a medida que crece la concentración de NaOH.

También la viscosidad sufre una considerable disminución de acuerdo con los valores de  $C_f$ .

Estas medidas han sido hechas con un mismo tipo de celulosa y siguiendo para la obtención las normas generales.

Cuando tratamos celulosas diferentes, observamos que para alcanzar el grado de mercerización óptimo se precisan diferentes concentraciones de NaOH, de acuerdo con las experiencias de J. R. Katz (12) quien trata de obtener grados de mercerización idénticos con fibras distintas: éste observa que de las fibras naturales, es la retama la que precisa una con-

centración más alta de NaOH para tener la completa mercerización (lo determina por estudio de los diagramas de rayos X de las ácalicelulosas que van obteniéndose con diferentes concentraciones).

Según la Tabla y gráfico anteriores, deducimos que no se obtiene mejora en la filtración de la viscosa cuando se aumenta la concentración de NaOH por encima de 240 gr./. lo que concuerda con la concentración elegida en las normas de obtención de la viscosa tipo.

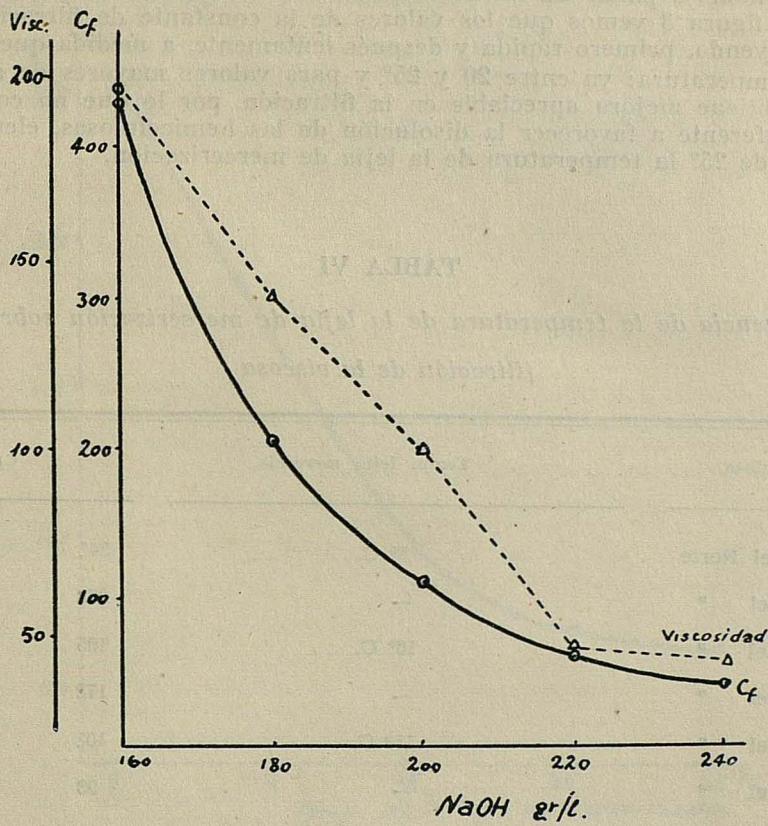


FIG. 2

##### 5. — INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE LA LEJÍA DE MERCERIZACIÓN SOBRE LA FILTRACIÓN DE LA VISCOZA.

Ya hemos dicho que al introducir una celulosa en una lejía alcalina tiene lugar un hinchamiento de aquélla, que, según algunas determinaciones, alcanza un máximo para una concentración de 3,2 Moles = 12,5 % de NaOH en peso (13); la concentración normal de la lejía de mercerización y que corresponde a un 17,5-8 % de NaOH en peso, está bien pasado aquel máximo.

Estudiando el hinchamiento se ve que se halla favorecido por temperaturas bajas y con éstas, aparentemente, al ser aquél mayor, debiéramos tener una mejor eliminación por la lejía de los acompañantes de la alfa-

celulosa en el producto primitivo, pero en la realidad nos encontramos con que la separación de aquéllos se favorece con la temperatura, pasando al crecer ésta, cantidades cada vez mayores de hemicelulosas a la solución. Lottermoser y Radestock (\*) estudian estas solubilidades entre 20 y 100° C., viéndose que crecen a medida que se eleva la temperatura de la lejía.

Hemos estudiado la disolución de las hemicelulosas entre 5 y 25° C., indirectamente, por determinación del poder filtrante de las álcalicelulosas obtenidas a partir de las correspondientes celulosas. En la Tabla VI y en la figura 3 vemos que los valores de la constante de filtración van disminuyendo, primero rápida y después lentamente, a medida que se eleva la temperatura; ya entre 20 y 25° y para valores mayores de aquella, no se obtiene mejora apreciable en la filtración, por lo que no conviene, en lo referente a favorecer la disolución de las hemicelulosas, elevar por encima de 25° la temperatura de la lejía de mercerización.

TABLA VI

*Influencia de la temperatura de la lejía de mercerización sobre la filtración de la viscosa*

Celulosa	Temp. lejía merceriz.	C <sub>f</sub>
Pino del Norte	5° C.	241
" del "	—	252
" del "	10° C.	263
" del "	—	165
" del "	—	168
" del "	15° C.	172
" del "	—	101
" del "	—	97
" del "	20° C.	93
" del "	—	76
" del "	—	70
" del "	25° C.	64
" del "	—	58
" del "	—	63
" del "	—	69

Tiempo de maduración de la álcalicelulosa: 55 horas a 20° C<sup>a</sup>.

Composición de la álcalicelulosa: 30 % alfacel.; 16 % NaOH.

Composición de la viscosa: 8 % alfacel.; 7 % NaOH.

Xantogenación: Con 35 % de CS<sub>2</sub>.

(1) Loc. citada.

No es recomendable tampoco el empleo de lejas muy calientes (entre 70 y 80° C.), ya que no se disminuye con ello grandemente la viscosidad de las álcalicelulosa y además hay pérdidas considerables de celulosa por sepolimerización y disolución de sus moléculas a aquella temperatura (14).

Como no sucede en otros fenómenos de esta misma clase, la solubilidad no es aquí función del hinchamiento, sino que hay que admitir que a temperaturas elevadas tiene lugar acciones de hidrólisis crecientes, así como despolimerización de las moléculas de celulosa por oxidación.

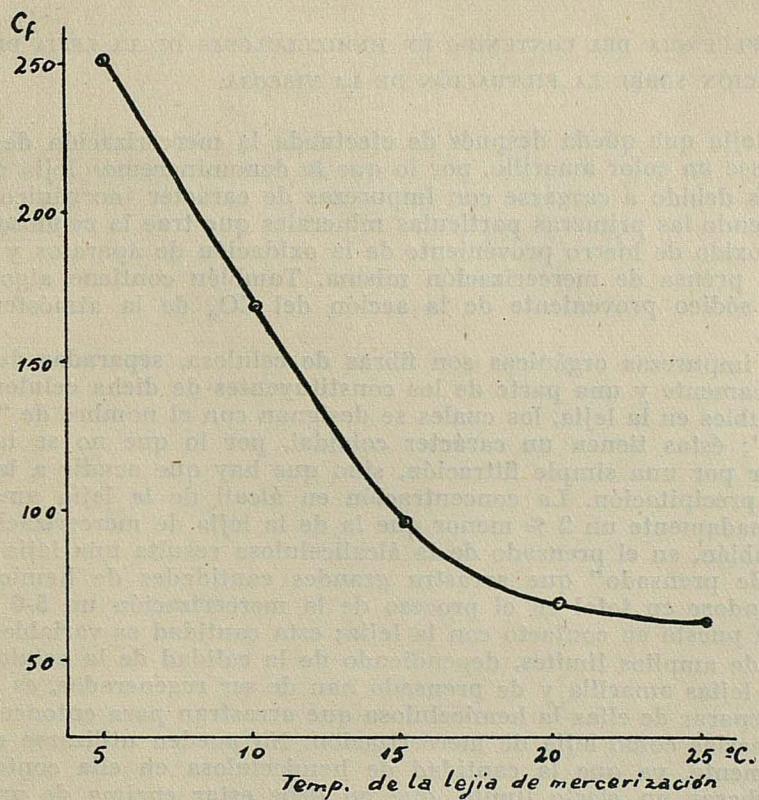


FIG. 3

Nosotros hemos dado en las experiencias hechas, un tiempo de maduración de 55 horas a la álcalicelulosa, observándose que las viscosas resultantes presentan viscosidades cada vez menores a medida que la temperatura de mercerización crece. Encontramos también que la disolución de los xantogenatos es mejor para las temperaturas de mercerización altas, lo que concuerda con las experiencias de Inoue (15), quien efectúa la maduración de la álcalicelulosa a temperaturas variables y encuentra que la solubilidad de los xantogenatos crece a medida que disminuye la viscosidad de la celulosa regenerada y también, que, para valores iguales de la viscosidad, la álcalicelulosa madurada a mayor temperatura da xantatos más solubles.

En todas nuestras experiencias damos a la álcalicelulosa un tiempo de

mercerización de 60 minutos, ya que es éste suficiente para conseguir que la lejía impregne completamente la hoja de celulosa, llenando todos sus poros; Monden é Ishikawa (16) efectúan inmersiones de 1, 2, 4 y 6 horas a 23, 33, 45 y 55° C. y encuentran que las viscosas preparadas con lejas a temperaturas de 23 y 33°, muestran para cuatro horas de mercerización un mínimo de viscosidad; las obtenidas a 45° lo hacen al cabo de dos horas; para una temperatura de 55° C. la viscosidad crece paralelamente con la duración de la inmersión.

#### 6. — INFLUENCIA DEL CONTENIDO EN HEMICELULOSAS DE LA LEJÍA DE MERCERIZACIÓN SOBRE LA FILTRACIÓN DE LA VISCOSA.

La lejía que queda después de efectuada la mercerización de la celulosa posee un color amarillo, por lo que la denominaremos lejía amarilla; aquél es debido a cargarse con impurezas de carácter inorgánico y orgánico, siendo las primeras partículas minerales que trae la celulosa consigo o bien óxido de hierro proveniente de la oxidación de aparatos y tuberías o de la prensa de mercerización misma. También contiene algo de carbonato sódico proveniente de la acción del CO<sub>2</sub> de la atmósfera sobre la sosa.

Las impurezas orgánicas son fibras de celulosa, separadas de aquélla mecánicamente y una parte de los constituyentes de dicha celulosa y que son solubles en la lejía, los cuales se designan con el nombre de "Hemicelulosas"; éstas tienen un carácter coloidal, por lo que no se las puede eliminar por una simple filtración, sino que hay que acudir a la dialisis o a la precipitación. La concentración en ácali de la lejía amarilla es aproximadamente un 2 % menor que la de la lejía de mercerización.

También, en el prensado de la ácalicelulosa resulta una lejía llamada "lejía de prensado" que arrastra grandes cantidades de hemicelulosas, disolviéndose en total en el proceso de la mercerización un 5-6 % de la celulosa puesta en contacto con la lejía; esta cantidad es variable y oscila dentro de amplios límites, dependiendo de la calidad de la celulosa.

Las lejas amarilla y de prensado han de ser regeneradas, es decir, se ha de separar de ellas la hemicelulosa que arrastran para entonces, volver a emplearlas como lejía de mercerización. No pueden utilizarse como tal directamente, ya que la cantidad de hemicelulosa en ella contenida no debe rebasar un cierto límite, que no debe estar encima de un 1,5 %. Una elevada concentración de la lejía de mercerización en hemicelulosas hace que la acción disolvente de aquélla sobre las impurezas orgánicas de la celulosa no sea suficiente y entonces serán arrastradas por la ácalicelulosa un exceso de hemicelulosas, que encontraremos finalmente en la fibra en forma de beta y gama celulosa. La presencia de éstas influye disminuyendo la resistencia en seco y, en especial, en húmedo, de la fibra; su comportamiento frente a los colorantes es distinto que el de las fibras que no las contienen y además la solubilidad de aquéllas en lejas alcalinas que no las contienen es mayor, lo cual nunca es de desear.

Pero no sólo tiene influencia el contenido en hemicelulosas de la lejía de mercerización sobre las propiedades de la fibra final, sino que, como hemos podido comprobar, en la filtración de la viscosa se denota grandemente la presencia de aquéllas. Hemos operado con una celulosa de pino, noruega, de muy buenas cualidades filtrantes y la hemos mercerizado en experiencias sucesivas con lejas que contienen 0, 10, 20, 30 y

TABLA VII

INFUENCIA DEL CONTENIDO EN HEMICELULOSAS DE LA LEJÍA DE MERCERIZACIÓN SOBRE LA FILTRACIÓN DE LA VIScosa (VALORES DE C<sub>f</sub>)

Materia prima	Alfacel %	Grado de polim.	Lejía de mercer.			Residuo en el tamiz %	Tiempo premad. horas	Alcalicel.		Viscosa		C <sub>f</sub>	C <sub>f</sub> (Valor medio)
			Na OH gr/1	Hemicel gr/1	Temp. °C			Alfacel %	Na OH %	Alf-cel %	Na OH %		
<b>Celulosa pino:</b>													
(Noruega) E. 1	88,7	845	223	—	19	0,4	66	29,8	15,9	8,05	6,9	37,4	26
													25
E. 2	—	—	—	-0	18	0,4	72	29,5	15,6	8,03	6,9	51,0	31
													40
E. 3	—	—	—	—	—	1,6	75	29,6	15,9	8,02	6,85	50,2	38
													33
E. 4	—	—	—	—	—	1,6	81	30,1	15,9	8,08	6,85	49,5	29
													28
E. 5	—	—	222	20	17	0,7	81	30,1	15,7	8,17	6,92	59,4	44
													39
E. 6	—	—	—	—	—	1,1	81	30,1	15,6	8,23	6,79	50,1	69
													58
E. 7	—	—	—	—	18	0,3	92	30,1	15,6	8,18	6,90	55,8	47
													44
E. 8	—	—	223	30	19	1,0	92	29,8	15,6	8,14	6,85	54	194
													192
E. 9	—	—	—	—	—	1,1	92	29,9	15,6	8,21	6,85	45	174
													166
E. 10	—	—	—	—	—	1,0	98	30,0	15,4	8,14	7,03	58,5	250
													260
E. 11	—	—	—	40	—	1,3	98	30,1	15,5	8,17	6,84	64,9	291
													291
E. 12	—	—	—	—	18	1,2	98	30,0	15,8	8,16	6,82	52,6	306
													299
E. 13	—	—	—	—	—	1,0	74	30,2	15,7	8,2	6,9	56,8	226
													262

Grado de prensado: 2, 8-2, 9.

Desmenuzamiento: 2,5 horas a 20° C<sup>a</sup>.

Premaduración: a 20° C.

Xantogenación: con 35 % de CS<sub>2</sub>.

40 gr/l de hemicelulosas. Las demás condiciones operatorias se han mantenido invariables para todos los casos, encontrando la serie de valores dados en la Tabla VII.

Se ve claramente que podemos llegar a una concentración de 20 gr/l de hemicelulosas sin que se tengan grandes dificultades filtrantes; una constante de filtración de 50 o aun de 80 es muy aceptable para una viscosa. En el momento en que esa concentración se eleva a 30 gr/l., sube considerablemente el valor de  $C_f$ , valor que es aún mayor para concentraciones de 40 gr/l o superiores.

No conviene, por tanto, que el contenido en hemicelulosa de la lejía de Mercerización sea superior a 20-22 gr/l., ya que, en caso contrario, se tendrían entorpecimientos en la filtración de la viscosa, a más de una fibra de propiedades no del todo buenas.

La determinación de las partes solubles en lejía o hemicelulosas, se efectúa de la forma siguiente: Se diluye un cm<sup>3</sup> de la lejía con 100 cm<sup>3</sup> de agua destilada y se le adicionan 50 cm<sup>3</sup> de solución N/10 de dicromato potásico, más 30 cm<sup>3</sup> de ácido sulfúrico y se hierve todo durante 10 minutos. En esta forma se oxidan completamente todas las materias orgánicas que arrastra la lejía. Se deja enfriar el líquido hervido y se le agregan seguidamente 200 cm<sup>3</sup> de agua destilada y 10 cm<sup>3</sup> de solución de yoduro potásico al 10 %.

Al cabo de 5 minutos el yodo puesto en libertad y que corresponde al dicromato no empleado en la oxidación con solución N/10 de tiosulfato sódico (empleando solución de almidón como indicador). Un cm<sup>3</sup> de Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>K<sub>2</sub> N/10 equivalente a 0,000675 gr. de hemicelulosa.

Frecuentemente y por falta de yoduro potásico, hemos hecho la valoración del exceso de dicromato potásico con solución N/10 de sulfato ferroso amónico, empleando como indicador solución de Ferroin (ferroindicador de Merck). Aparece un color verde oscuro y a continuación una coloración roja que indica el final de la operación.

$$\begin{aligned} & (\text{cm}^3 \text{ de } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ N/10} - \text{cm}^3 \text{ gastados de sol. de} \\ & \text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \text{ (N/10)} \times 0,675 = \text{gr/l. de hemi.} \end{aligned}$$

Kühnel (17) estudia sólo la influencia que poseen contenidos variables de hemicelulosa en las viscosas sobre las propiedades de las fibras, rebajando su resistencia y aumentando su estiramiento y la solubilidad alcalina; la mayor concentración de hemicelulosa en la viscosa, no proviene (admitiendo el empleo de lejas de disolución del xantato pobres en aquéllas) más que de las cantidades arrastradas desde la mercerización y no disueltas por la lejía en la inmersión.

Las dificultades que aportan a la filtración las hemicelulosas contenidas en la lejía de mercerización, han sido también observadas por Soyer (18), quien asimismo achaca a aquéllas un retardo en la absorción del sulfuro de carbono por la ácalicelulosa durante la xantogenación.

Siguiendo la marcha de nuestro estudio, para conocer la *influencia de la hemicelulosa de la lejía de mercerización sobre la viscosidad de la viscosa*, hemos trabajado con una celulosa de pino del norte y con contenidos de hemicelulosa variables entre 5 y 40 gr/l. en dicha lejía.

En la Tabla VIII damos un resumen de los resultados obtenidos, empleando siempre un tiempo de maduración de la ácalicelulosa de 40 horas. Observamos que, para pequeñas concentraciones de hemicelulosas, resul-

tan viscosas de menor viscosidad y así tenemos que, como esta baja viscosidad se tiene también al alargar el tiempo de maduración, cuanto menor es la cantidad de hemicelulosas disueltas en la lejía de mercerización, tanto más puede acortarse la maduración para llegar a las mismas viscosidades.

Por el gráfico de la Fig. 4, vemos mejor la porporcionalidad existente entre viscosidades y contenidos de hemicelulosas en la lejía de mercerización. Puede verse que para una concentración de aquélla superior al 10-12 % se tiene, para tiempos iguales de maduración, un considerable aumento de la viscosidad.

Una explicación que damos a este hecho y que sugerimos como muy probable, es- que la oxidación de las cadenas celulósicas en la maduración de la álcalicelulosa se dirige de modo preponderante sobre las moléculas

TABLA VIII

*Influencia de la hemicelulosa contenida en la lejía de mercerización sobre la viscosidad de la viscosa*

Celulosa	Lejía merceriz. Hemicelulosas gr/1	Tiempo de premadurac. horas	Viscosa Viscosidad seg.
Pino del Norte	—	40	25,4
" del "	5	—	25,1
" del "	10	—	27,2
" del "	—	—	26,6
" del "	15	—	36,2
" del "	—	—	34,8
" del "	20	—	40,8
" del "	—	—	41,2
" del "	—	—	41,6
" del "	25	—	38,2
" del "	—	—	40,2
" del "	—	—	42,0
" del "	30	—	42,6
" del "	—	—	43,4
" del "	40	—	44,2
" del "	—	—	46,8
" del "	—	—	49,9
" del "	—	—	53,0

Alcalicelulosa: 30 % de alfacelulosa y 16 % de NaOH.  
Viscosa: 8 % de alfacelulosa y 7 % de NaOH.

de cadena corta, que se despolimerizan, quedando las de tamaño grande, las cuales son causa de la elevada viscosidad.

Si no hubiesen estado presentes las cadenas pequeñas, la oxidación se habría dirigido sobre las moléculas grandes, escindiéndolas en otras

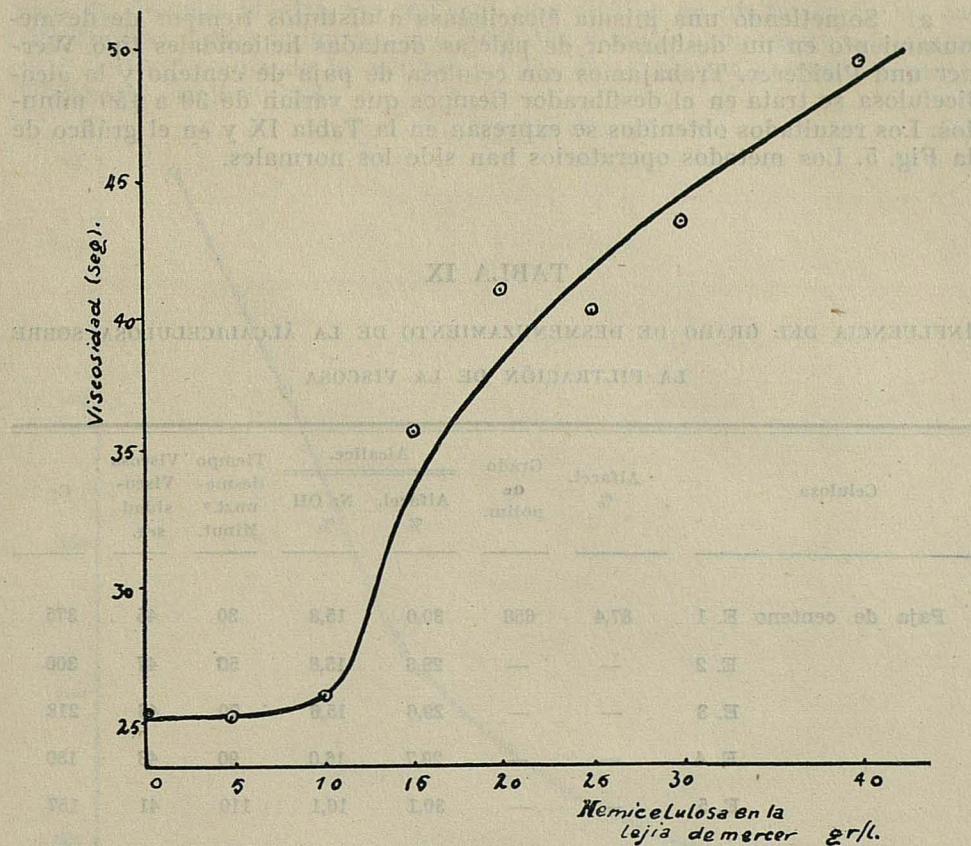


FIG. 4

más pequeñas y dando como resultado una menor viscosidad en la disolución el xantato.

Las hemicelulosas disueltas en la lejía que queda absorbida por la alcalicelulosa, figuran como aceptores de oxígeno y, por tanto, como agentes que fuerzan a una prolongación de la maduración para llegar a obtener las mismas viscosidades.

La importancia que en la filtración de la viscosa juegan las hemicelulosas, ha sido también puesta de manifiesto por J. Boeglin (19), que achaca a aquéllas el taponamiento de los filtros prensa y las consecuencias desagradables que ello tiene.

Soyer (\*) obtiene también un aumento de la viscosidad en la maduración de la viscosa, por la presencia de las hemicelulosas.

\* Loc. citada.

7. — INFLUENCIA DEL GRADO DE DESMENUZAMIENTO DE LA ÁLCALICELULOSA SOBRE LA FILTRACIÓN DE LA VISCOSA.

Para estudiar este hecho, se ha operado de dos formas diferentes:

a) Sometiendo una misma álcacilelusa a distintos tiempos de desmenuzamiento en un desfibrador de paletas dentadas helicoidales tipo Werner und Pleiderer. Trabajamos con celulosa de paja de centeno y la álcacilelulosa se trata en el desfibrador tiempos que varían de 30 a 150 minutos. Los resultados obtenidos se expresan en la Tabla IX y en el gráfico de la Fig. 5. Los métodos operatorios han sido los normales.

TABLA IX

INFLUENCIA DEL GRADO DE DESMENUZAMIENTO DE LA ÁLCALICELULOSA SOBRE LA FILTRACIÓN DE LA VISCOSA

Celulosa	Alfacel. %	Grado aé polim.	Alcalice.		Tiempo desme- nuz.º Minut.	Viscosa Visco- sidad seg.	C <sub>f</sub>
			Alfacel. %	Na OH %			
Paja de centeno E. 1	87,4	658	30,0	15,8	30	45	375
	—	—	29,8	15,8	50	47	300
	—	—	29,6	15,6	70	46	218
	—	—	29,7	16,0	90	43	180
	—	—	30,1	16,1	110	41	157
	—	—	29,2	16,0	130	42	145
	—	—	29,1	15,9	150	40	140

Lejía de mercerización: 223 gr./l de NaOH; libre de hemicelulosas.

Xantogenación: con 35 % de CS<sub>2</sub>.

Viscosa: 8 % de alfacelulosa y 7 % de NaOH.

La temperatura de la álcacilelulosa durante el desmenuzamiento es de 20° C.

Esta influencia del grado de desmenuzamiento de la álcacilelulosa sobre la filtración se hace menos palpable en el caso de que se trate de una buena celulosa, es decir, que posea buenas cualidades filtrantes, habiéndose observado con una celulosa de pino del Norte y que da una viscosa de constante de filtración 56,0, para un tiempo de desmenuzamiento de 60 minutos, diferencias de sólo 10 o 20 unidades entre este valor y las constantes de filtración de álcacilelulosas o viscosas obtenidas después de un desmenuzamiento de 30 o 120 minutos.

b) Determinando el grado de desmenuzamiento o residuo que queda en un tamiz temblador de orificios de 5 mm. de diámetro.

Hemos observado que sometiendo diferentes celulosas a la mercerización, las ácalicelulosas obtenidas en iguales condiciones y desmenuzadas durante tiempos iguales, los residuos que quedan en un tamiz de las características arriba indicadas, son distintos y tanto menores cuanto mejor es el poder filtrante de la celulosa, o sea, de la viscosa obtenida a partir de aquella ácalicelulosa.

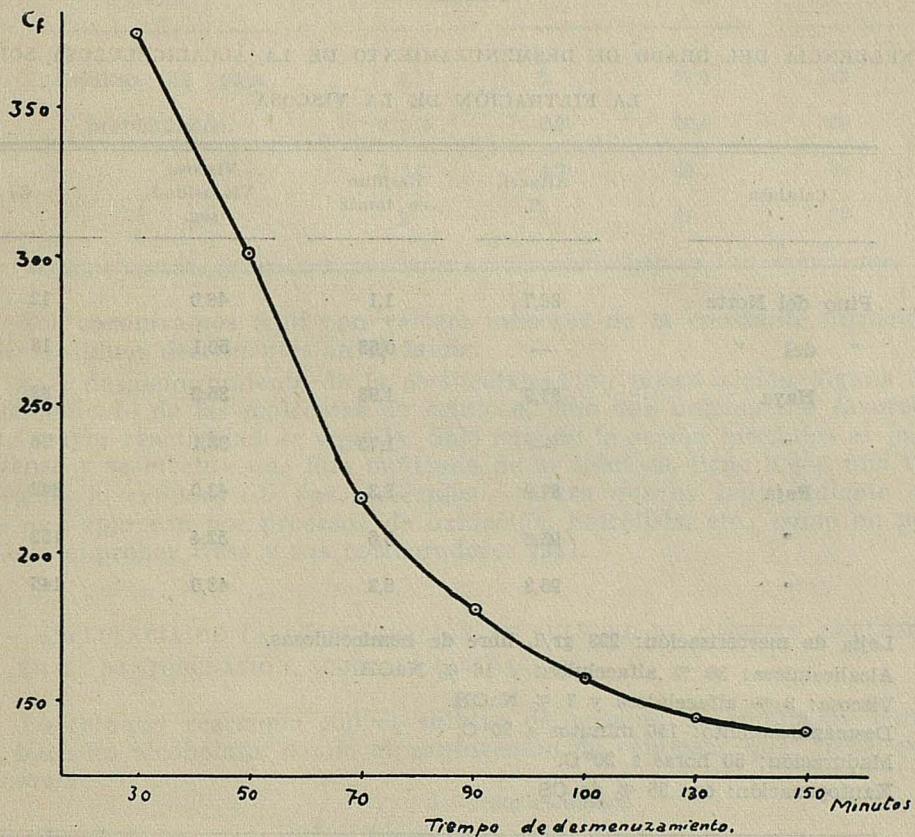


FIG. 5

De los resultados obtenidos estableceremos la siguiente Tabla X.

Vemos claramente que el aumento del tanto por ciento de residuo de ácalicelulosa en el tamiz, va íntimamente unido a mayores valores de  $C_f$ , por lo que hay que procurar dar a la ácalicelulosa un grado de desmenuzamiento adecuado y que sea garantía de una buena xantogenación y filtración. Ahora bien, no conviene alargar excesivamente el desmenuzamiento de la ácalicelulosa en el aparato, ya que adquiere aquélla propiedades no convenientes. Para explicar esto, definamos primeramente como "Peso por litro" el número de gramos que pesa un litro de ácalicelulosa.

En el proceso de desmenuzamiento son, según Pakschwer y Bunin (20), dos factores los que predominan y caracterizan a aquél; en primer lugar, se tiene un desmenuzamiento que dura mientras se tiene la celulosa en el aparato desmenuzador. Con esto, la álcalicelulosa se va desfibrando y adquiere un peso por litro mínimo. Ahora bien, si se continúa aquélla

TABLA X

INFLUENCIA DEL GRADO DE DESMENUZAMIENTO DE LA ÁLCALICELULOSA SOBRE  
LA FILTRACIÓN DE LA VISCOSA

Celulosa	Alfacel. %	Residuo en tamiz	Viscosa Viscosidad seg.	$C_f$
Pino del Norte	88,7	1,1	46,0	12
" del "	—	0,68	50,1	18
Haya	87,9	1,93	35,2	83
"	—	1,75	38,1	76
Paja	87,9	8,3	43,0	342
"	95,6	5,6	52,4	152
"	95,3	5,2	48,0	146

Lejía de Mercerización: 223 gr/l, libre de hemicelulosas.

Álcacelulosa: 30 % alfacelulosa y 16 % NaOH.

Viscosa: 8 % alfacelulosa y 7 % NaOH.

Desmenuzamiento: 150 minutos a 20° C.

Maduración: 50 horas a 20° C.

Xantogenación: con 35 % de CS<sub>2</sub>.

tiene lugar el segundo proceso, que no es más que la formación de partículas de álcalicelulosa muy pequeñas, que resbalan por entre los dientes de las paletas y de la caja de aparato desmenuzador, quedando redondeados y alisados sus cantos y sus superficies. Esto tiene como consecuencia un aumento el peso por litro, siendo este hecho contraproducente, ya que, para la reacción siguiente de xantogenación a que se va a someter la álcalicelulosa, no es lo más importante el tamaño de la partícula, sino su superficie activa, capaz de entrar en reacción inmediatamente.

De la Tabla II sacamos los siguientes valores de la influencia del tiempo de desmenuzamiento sobre el residuo del tamiz y sobre la constante de filtración; los exponemos en la Tabla XI a continuación:

TABLA XI

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE DESMENUZAMIENTO SOBRE LA CONSTANTE DE FILTRACIÓN

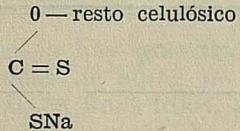
Celulosa	Tiempo de desmenuzat. <sup>o</sup> horas	Residuo en el tamiz %	Viscosa Viscosidad seg.	$C_f$
Celulosa de paja prehidrolizada.	3	6	57,8	165
	2 1/4	3,3	70,4	129
	2 1/2	4,7	45	82
	3	3	47	99

Nos encontramos aquí con valores menores de la constante filtración para residuos decrecientes en el tamiz.

Este desmenuzamiento de la álcacelulosa no posee acción alguna de acortamiento de las moléculas de celulosa, sino que únicamente favorece una mayor reactividad de aquélla. Sólo cuando la acción mecánica es más intensa y se efectúa una fina molienda de la celulosa, tiene lugar una rotura de la celulosa (de sus moléculas), rotura que es independiente de las que aparecen por procesos de oxidación, hidrólisis, etc., como ha podido comprobar Hess y sus colaboradores (21).

8.— INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN DE SULFURO DE CARBONO EMPLEADO EN LA XANTOGENACIÓN, SOBRE LA FILTRACIÓN.

La celulosa reacciona con el sulfuro de carbono análogamente como lo hace un alcoholato, dando el xantogenato de celulosa, que tiene por fórmula:



uniéndose el resto xantogenato a la celulosa por los OH de esta y tan sólo por aquellos de los recintos desordenados en los que tuvo lugar la acción de álcalinización de la lejía.

La capacidad de fijación del sulfuro de carbono por la álcacelulosa ha sido investigada por Schrameck y Zehmisch (22), quienes han comprobado que, para mayores cantidades presentes de sulfuro de carbono, crece el grado de xantogenación, llegándose a obtener valores —  $\gamma$  de 100, o sea, una proporción molecular en la que corresponde  $1\text{CS}_2$ :  $1\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ . Una mayor xantogenación ya no es posible tener en la álcacelulosa.

En la obtención de la viscosa es sabido que para tener un xantogenato bien soluble se precisa alcanzar un determinado grado de xantogenación; en general, resulta ya un producto soluble cuando se llega a la proporción 1 CS<sub>2</sub>: 2 C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>, es decir, se tiene un valor  $\gamma$  de 50. Esto es precisamente un 23,4 % de CS<sub>2</sub> respecto a alfacelulosa; sin embargo, en la reacción de xantogenación no se tiene única y exclusivamente el estecelulósico del ácido ditiocarbónico, sino que, junto al xantato, se forman una serie de productos por reacciones secundarias entre el CS<sub>2</sub> y la sosa caústica por un lado y la descomposición del xantato por otro (formación de triiocarbonato sódico, carbonato y dioxisulfocarbonato sódico, H<sub>2</sub>S, etc.) (23) y (24).

En estas reacciones secundarias se emplea una buena parte del sulfuro de carbono, de forma que para llegar a tener el valor  $\gamma$  que dábamos como conveniente para que resultase un xantato fácilmente soluble, ha de tratarse la álcalicelulosa con una proporción de CS<sub>2</sub> mayor que el 23,4 % teórico expresado; se precisa poner por lo menos una cuarta parte más de sulfuro de carbono que la teórica.

Scherer e Ickenberry (25) han estudiado la influencia que posee el grado de desmenuzamiento de la álcalicelulosa sobre la xantogenación, encontrando que en ésta no tiene influencia el que se someta a aquélla a desmenuzamientos de 10 minutos o de 20 horas, llegándose al mismo valor  $\gamma$ . Esto influye, sin embargo, en las propiedades físicas de la viscosa como ya hemos tenido ocasión de ver. Para la completa disolución del xan-

#### TABLA XII

#### INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN DE SULFURO DE CARBONO EMPLEADO EN LA XANTOGENACIÓN, SOBRE LA FILTRACIÓN

#### VALORES DE $C_1$ PARA DIVERSAS CELULOSAS Y DISTINTAS CONCENTRACIONES DE CS<sub>2</sub> EN LA FORMACIÓN DEL XANTATO

Celulosa	30 % CS <sub>2</sub>	35 % CS <sub>2</sub>	40 % CS <sub>2</sub>
Pino	110	65,5	43,5
"	135	81	52
Haya	213	129	80
"	241	153	115
Paja	328	241	180
"	305	230	136

tato encuentran que la reacción lleva hasta la formación de un grupo xantado por 1,75 unidades de  $C_6H_{10}O_5$ . Sacan la consecuencia la que la independencia entre xantogenación y superficie, viene a comprobar el que se trata aun tratándose de una verdadera acción química entre el sulfuro de carbono y la álcalicelulosa, aquélla se verá más favorecida por una mayor superficie activa, como ya indicamos anteriormente, lo que contribuye a que la reacción sea más completa y uniforme.

Conocida esta intervención del sulfuro de carbono en la xantogenación, hemos estudiado la influencia que posee el grado de xantogenación de una viscosa, sobre sus propiedades filtrantes. Según lo ya expuesto, la menor proporción de  $CS_2$ , que debe emplearse para obtener un xantato soluble, es el 30 %, referido a la cantidad de alfacelulosa presente. Se han determinado los índices de filtración de viscosas obtenidas con 30, 35 y 40 % de sulfuro de carbono, teniéndose los resultados expuestos en la Tabla XII. Vemos que con un 35 y un 40 % de  $CS_2$  se consiguen mejoras notables en la filtración; para concentraciones menores de 30 % no se tienen viscosas aprovechables, es decir, que filtran bien. Para 30 % de  $CS_2$  resultan 40 % de sulfuro de carbono, los valores de  $C_f$  son mejores, teniéndose las viscosas pobres o "de ahorro", debida a la economía que supone en la fabricación el empleo de la cantidad justa de aquel producto. Para 35 y 40 % de sulfuro de carbono, los valores de  $C_f$  son mejores, teniéndose buenas viscosas.

Las álcalicelulosas, obtenidas por proceso normal, se dividen en tres partes, cada una de las cuales se trata por la cantidad correspondiente, 30, 35 ó 40 % de sulfuro de carbono, obteniéndose después a partir de ellas viscosas de composición 8 % alfacelulosa y 7 % NaCH.

\* \* \*

En la figura 6 vemos gráficamente el descenso de  $C_f$  a medida que se eleva el valor del tanto por ciento de  $CS_2$ . Este descenso es más rápido para las celulosas de medianas propiedades filtrantes, como la de paja, que para las otras buenas, como la de pino.

#### 9. — INFLUENCIA DEL CONTENIDO EN HEMICELULOSAS DE LA LEJÍA DE DISOLUCIÓN DEL XANTATO, SOBRE LA FILTRACIÓN DE LA VISCOZA.

Para la formación de la viscosa hay que disolver el xantato en lejía sódica, ya que la disolución acuosa de aquél no posee la propiedad que tiene la viscosa de poderse estirar en finos hilos, debido a que se descompone rápidamente por hidrólisis del xantato. La disolución en sí ha sido objeto de múltiples estudios, siendo considerada por unos como una reacción de la sal sódica del ácido ditiocarbónico con una nueva molécula de NaOH, y por otros, como un simple proceso de disolución con gran hinchamiento de las partículas de xantogenato, siendo, desde luego, de aclaración no muy sencilla.

Para que la viscosa posea la composición deseada en alfacelulosa y en NaOH, se disuelve el xantogenato en la cantidad previamente calculada de "Lejía de disolución", que suele tener una concentración de 4-4,5 % de NaOH, añadiendo después el agua precisa para que la viscosa responda a las características ordenadas. Esta lejía de disolución se suele preparar

con la lejía de prensado de la álcalicelulosa, previamente regenerada por diáisis y eliminada una buena parte de las hemicelulosas que contenía. En la diáisis sale ya algo diluida y, si es preciso, se mezcla con lejía amarilla o con otra lejía concentrada para tener la composición indicada; al ser de esta forma obtenida, contiene la lejía de disolución una cierta cantidad de hemicelulosas, que, como hemos podido comprobar con certeza, son causa cuando su tanto por ciento sube de un cierto límite, de que la filtración de la viscosa se entorpezca al originarse taponamientos en los filtros prensas.

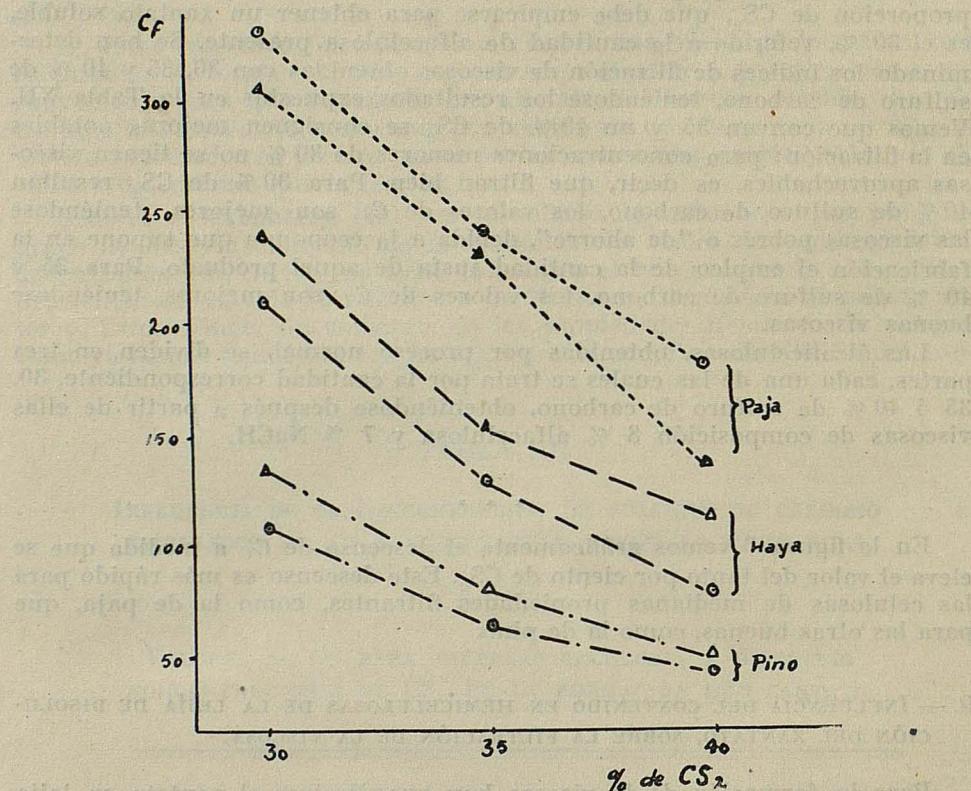


FIG. 6

En la Tabla XIII damos unos valores obtenidos con una misma celulosa, alcalinizada y xantogenada siempre en iguales condiciones y después disuelto el xantato en lejas que contenían de 0 a 25 gr/l. de hemicelulosas. La lejía de Mercerización empleada estaba exenta de hemicelulosas.

Entre 0 y 10 % de hemicelulosa en la lejía de disolución apenas hay diferencias en las constantes de filtración de las viscosas resultantes. Para un 15 % de hemicelulosa, se nota un ligero aumento de  $C_f$  siendo éste bastante considerable para valores mayores de 20 %.

No conviene, por tanto, emplear lejas de disolución con más de 15 % de hemicelulosas en su composición.

TABLA XIII

INFLUENCIA DEL CONTENIDO EN HEMICELULOSAS DE LA LEJÍA DE  
DISOLUCIÓN DEL XANTATO SOBRE LA FILTRACIÓN DE LA VISCOSA

Celulosa	Lejía disoluc. Hemicelul. gr/1	Viscosa Viscosidad seg.	$C_f$
Pino del Norte	0	45	53
" del "	5	43	58
" del "	10	46	46
" del "	15	48	61
" del "	20	48	78
" del "	25	51	136

Celulosa: 89% alfacelulosa.  
Alcalicelulosa: 29-30 % alfacelulosa y 15-16 % NaOH.  
Viscosa: 8 % alfacelulosa y 7 % NaOH.

10. — INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DE LA VISCOSA SOBRE SU FILTRACIÓN.

Es norma general el variar la composición de las viscosas en lo que respecta a las concentraciones de alfacelulosas y de NaOH; la proporción en que ésta entra oscila entre 5 y 8 %, correspondiendo las primeras a las viscosas pobres, por suponer su obtención un menor gasto en sosa caustica. Variando la concentración entre estos límites, hemos estudiado la filtración, viendo los distintos valores que toma su constante  $C_f$ . En nuestros trabajos, la concentración de alfacelulosa que corresponde a todas las viscosas es de 8 % aproximadamente. La obtención de la alcalicelulosa se efectúa según la marcha normal y se xantogena a continuación con un 35 % de sulfuro de carbono. El xantato obtenido se divide en cuatro partes, cada una de las cuales se disuelve en las cantidades correspondientes de agua y lejía para obtener viscosas que contengan 5, 6, 7 y 8 % de NaOH.

En la Tabla XIV damos a continuación el resumen de resultados de una serie de experiencias. Gráficamente se indican en la fig. 7.

TABLA XIV

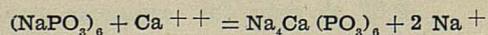
INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN DE LA VISCOSA SOBRE LA FILTRACIÓN

Celulosa	V I S C O S A				C <sub>f</sub>
	Alfacelulosa %	Na OH %	Viscosidad seg.		
Pino del Norte	8,1	5,1	51	165	
" del "	7,9	—	59	181	
" del "	7,8	5,9	53	146	
" del "	8,0	5,96	48	138	
" del "	8,1	6,8	51	86	
" del "	7,8	7,1	43	74	
" del "	8,2	7,9	35	68	
" del "	8,1	8,1	32	71	

Lo mismo la viscosidad que la constante de filtración  $C_f$  van disminuyendo a medida que crece la concentración de NaOH en la viscosa; como es ésta un elemento caro de la fabricación y no se regenera, sino que se transforma en sulfato sódico en la reacción con el ácido sulfúrico del baño de hilado o coagulación, debemos tratar de compaginar siempre aquellos dos factores a fin de tener, junto a una mayor economía, una filtración y unas propiedades aceptables en la fibra.

11.— LA COMPOSICIÓN DE LAS CENIZAS DE LA VISCOSA Y LA FILTRACIÓN.

Analizadas cuidadosamente las cenizas de una serie de viscosas, hemos de achacar la mala filtración de algunas a las concentraciones elevadas que presentan en *silicato cárlico*: el Ca es aportado por la celulosa y SiO<sub>2</sub> proviene de las impurezas de la sosa y del agua. Se mejora la filtración, como hemos podido comprobar en numerosos ensayos, adicionando hexametafosfato sódico (producto de la Chem Fab. Benckiser, Ludwigshafen, denominado "Calgon") en solución acuosa diluida, a la viscosa. El "Calgon" da con los metales alcalino-térreos una combinación compleja:



combinación soluble en agua, que no perjudica ni entorpece la filtración.

Para el análisis de las cenizas, nos hemos servido del método espectral cuantitativo, más cómodo y rápido que el químico gravimétrico; se ha utilizado el "método de los pares de líneas homólogas", que permite una aproximación muy aceptable. Existe la dificultad de que las cenizas de la viscosa son sólo parcialmente solubles en HCl, por lo que hemos tenido que poner en el electrodo inferior las partes no disueltas.

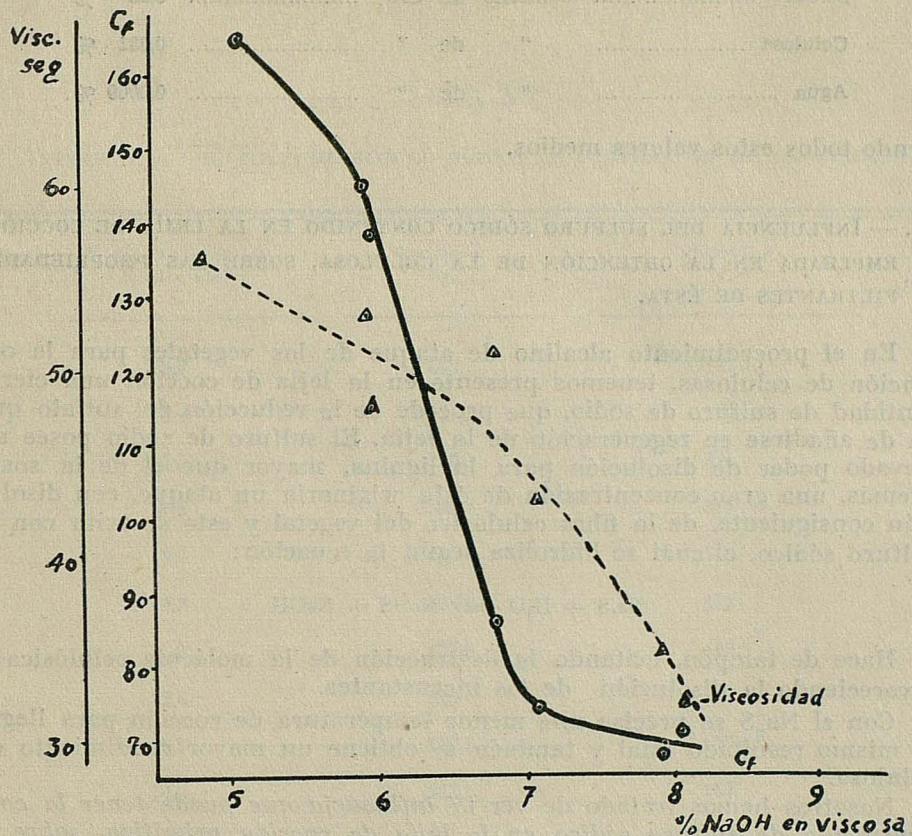


FIG. 7

Si  $P$  es el peso de la viscosa incinerada,  $p$  es el peso de las cenizas obtenidas.

Si  $D$  es el peso del disolvente en el que se disuelvan las cenizas,  $p \cdot s$  es el tanto por ciento de Si en las cenizas.

$y$  es el tanto por ciento de Si en la viscosa.

Tenemos:

$$D \cdot s = p \cdot x$$

de donde

$$x = \frac{D \cdot s}{p}$$

y también

$$y = \frac{p \cdot x}{p}$$

El silicio contenido en las viscosas analizadas oscila entre 0,021 y 0,0029 %, teniéndose con ello diferencias en las constantes de filtración de 60 a 100 unidades.

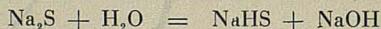
Los principales medios de aportación de Si a la viscosa, son los siguientes:

NaOH .....	contiene de SiO <sub>2</sub> .....	0,25 %
Celulosa .....	" de "	0,031 %
Agua .....	" de "	0,0009 %

siendo todos estos valores medios.

#### 12.— INFLUENCIA DEL SULFURO SÓDICO CONTENIDO EN LA LEJÍA DE COCCIÓN, EMPLEADA EN LA OBTENCIÓN DE LA CELULOSA, SOBRE LAS PROPIEDADES FILTRANTEAS DE ÉSTA.

En el procedimiento alcalino de ataque de los vegetales para la obtención de celulosas, tenemos presente en la lejía de cocción una cierta cantidad de sulfuro de sodio, que procede de la reducción del sulfato que ha de añadirse en regeneración de la lejía. El sulfuro de sodio posee un elevado poder de disolución para la lignina, mayor que el de la sosa; además, una gran concentración de ésta originaría un ataque, con disolución consiguiente, de la fibra celulósica del vegetal y esto se evita con el sulfuro sódico, el cual se hidroliza según la ecuación:



Hace de tampón, evitando la destrucción de la molécula celulósica y favoreciendo la disolución de los incrustantes.

Con el Na<sub>2</sub>S se precisa una menor temperatura de cocción para llegar al mismo resultado final y también se obtiene un mayor rendimiento en celulosa.

Nosotros hemos tratado de ver la influencia que puede tener la concentración de sulfuro sódico en la lejía de cocción primitiva, sobre el índice de filtración de la viscosa obtenida a partir de aquella celulosa. La concentración de Na<sub>2</sub>S en la lejía es variado entre 5,5 y 15 % del álcali total activo. La lejía lleva en su composición de 95 a 100 gr/l. de NaOH y de 8 a 16 gr/l. de Na<sub>2</sub>S, siendo la suma de los dos el álcali activo total.

La materia prima empleada es madera de pino; ésta se trata con un 24 % de álcali activo, estando la lejía de cocción en proporción de 1 : 4,2. La celulosa cruda se blanquea primero con cloro gas (agua de cloro), se solubiliza con lejía sódica diluida el cloruro de lignina formado, se lava y se termina de blanquear con hipoclorito. Esta celulosa se somete a la Mercerización, prensado, maduración y xantogenación según las normas generales. La viscosa resultante se ha dividido en dos partes; en una de ellas se determina el valor de la constante de filtración directamente (Viscosa a) y a la otra se adiciona un 0,1 % de bióxido de titanio en polvo finísimo (calculado respecto a la cantidad de celulosa contenida en la viscosa), con el fin de obtener una fibra mate (Viscosa b).

Los resultados, resumen de unas 80 experiencias efectuadas, los damos en la Tabla XV.

El primer valor 5,8 % es el valor medio de 7 concentraciones que oscilaban entre 5 y 6 %; 180 y 177,5 % son los valores medios de las constantes de filtración correspondientes a aquellas concentraciones. Idénticamente se tienen los demás datos de la Tabla.

TABLA XV

INFLUENCIA DEL SULFURO SÓDICO SOBRE LA FILTRACIÓN DE LA VISCOSA

% de $\text{Na}_2\text{S}$ en el álcali total	Viscosa a $C_f$	Viscosa b $C_f$
5,8	180	177,5
6,4	147,5	177
7,5	176	170
8,6	165	236
9,5	140	189
10,5	126,5	172
11,2	127,5	167,5
12,6	125	167
13,5	112,5	172,5
14,3	122,5	167

Gráficamente lo exponemos en la fig. 8.

Por la Tabla y por el Gráfico, podemos deducir claramente lo siguiente:

1. Que el valor de la constante de filtración se halla influenciada por el sulfuro sódico contenido en la lejía de cocción, sufriendo aquélla un descenso brusco entre 8 y 10,5 por % de  $\text{Na}_2\text{S}$  respecto al álcali activo total  $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$ .
2. Que la filtración ya no viene sensiblemente mejorada para concentraciones de  $\text{Na}_2\text{S}$  superiores a un 11 %.
3. Que en las viscosas mateadas (viscosa b), no se aprecia mejora alguna en la filtración para concentraciones de sulfuro sódico en la lejía

de cocción superiores a un 5-6 %, lo cual es debido probablemente a que aquella mejora que tenemos en las viscosas sin matear, se halla contrarrestada por el taponamiento que origina la presencia del bióxido de titanio.

\* \* \*

Como resumen de todas estas investigaciones podemos poner claramente de manifiesto la importancia que tiene la determinación del índice de filtración de una celulosa para fijar su posibilidad de aplicación al método viscosa, o también la influencia que poseería la modificación de uno o varios datos operatorios sobre la filtración final.

Δ(236)

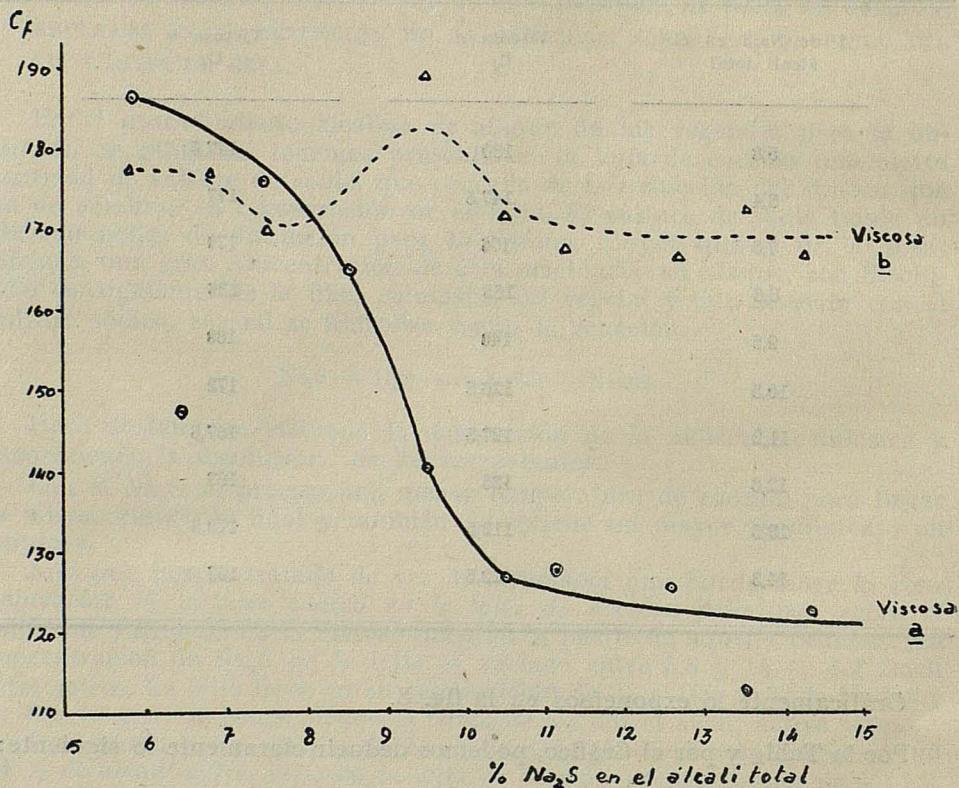


FIG. 8

Podemos ver también que una celulosa de buenas propiedades filtrantes permite un amplio margen de variación de las condiciones de fabricación en el curso de ésta, suministrándonos también una viscosa aceptable; por el contrario, una celulosa que tenga un índice de filtración alto de por sí, exige que nos ajustemos a unas normas fijas para poder llegar a una viscosa que filtre bien. Estas normas son diferentes para cada clase de celulosa, de modo que *en toda industria que tenga que tra-*

bajar por el procedimiento viscosa, se hace indispensable la determinación del índice de filtración, lo cual es de realización rápida y sencilla, para tener conocimiento de los diversos factores de trabajo y para saber qué filtración y qué hilado van a tener con la viscosa analizada. De esta forma se podrán evitar muchas de las interrupciones y anomalías que se presentan siempre en industrias de esta clase.

\* \* \*

PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS FIBRAS OBTENIDAS DESPUÉS DE MERCERIZACIÓN DE LAS CELULOSAS CON LEJÍAS QUE PRESENTAN DIFERENTES CONCENTRACIONES EN HEMICELULOSAS.

Dedicando una especial atención a las hemicelulosas, vamos a ver qué influencia tienen éstas sobre la resistencia de las fibras obtenidas con las viscosas procedentes de celulosas que Mercerizaron con lejías libres de hemicelulosas o conteniendo una cierta cantidad de éstas.

Para las experiencias hemos partido de dos tipos diferentes de celulosa, una de ellas pino del norte, de 88,5 % de alfacelulosas y la otra de paja, ennoblecida, con 94,6 % de alfacelulososa. Estas se han mercerizado con lejías, unas libres de hemicelulosas y otras conteniendo 18 y 23 % de aquéllas. La concentración de NaOH en las lejías ha sido de 18 % en peso, en todos los casos.

Las demás condiciones operatorias para la obtención de la viscosa han sido las normales:

Tiempo de mercerización .....	1 hora
Temperatura de mercerización .....	17-19° C.
Grado de prensado .....	2,9-3
Maduración de la ácalicelulosa .....	25 horas
Temperatura de maduración .....	20° C.
Alcalicel { Alfacelulosa .....	28-29,5 %
{ Na OH .....	15-16 %
Xantogenación con .....	35 % de CS <sub>2</sub>
Viscosa { Alfacelulosa .....	8 %
{ Na OH .....	7 %
Maduración de la viscosa .....	20 horas
Temperatura de maduración .....	17° C.

Las viscosas no muestran diferencias apreciables en su aspecto y después de su maduración se llevan al hilado. El grado de maduración, según Hottenroth, en cada caso, es de 14-15, es decir, que hilamos en todos los casos en condiciones idénticas.

Las toberas de hilado son de 1.200 orificios, de 70 micras de diámetro; por cada una de las toberas se hacen pasar 145 cm<sup>3</sup> de viscosa por minuto, que es recogida ya en forma de hilo coagulado, por una devanadera y estirado hasta un 50 % más de su longitud primitiva entre otras dos colocadas a continuación de aquélla. El título de la fibra es de 1,5-1,7 deniers.

Cada partida de viscosa se ha dividido en dos partes; una de ellas se ha coagulado (después de salir de la tobera de hilado) en un baño rico en ácido y en sulfato sódico y la otra en otro baño más pobre en estos dos componentes (baños A y B).

	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> gr/1	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> gr/1	ZnSO <sub>4</sub> gr/1	Temperatura °C
Baño A .....	150	295	5	45
Baño B .....	120	230	5	45

En la Tabla XVI damos a continuación un resumen de los resultados obtenidos en cada caso.

Las experiencias anteriores nos muestran que no existe diferencia en las propiedades de fibra para concentraciones de 0 a 18 gr/l. de hemicelulosa en la lejía de mercerización. Para una concentración mayor puede apreciarse quizá un ligero aumento en el estiramiento y en la solubilidad alcalina, si bien estas variaciones son poco considerables.

TABLA XVI

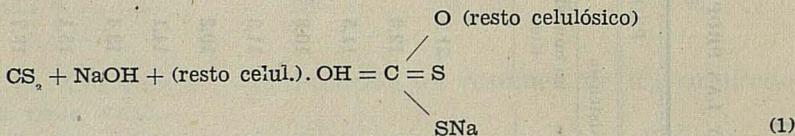
## LA HEMICELULOSA DE LA LEJÍA DE MERCERIZACIÓN Y LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS FIBRAS

Celulosa	V I S C O S A					Baño de hilado	PROPIEDADES FÍSICAS DE LA FIBRA					
	Hemicel. lej. merc. gr/1	Alface. %	Na OH %	Grado de madurac.			Resistencia en seco Km.	en húmedo Km.	% Resist. relativa	Estiramiento en seco %	en húmedo %	
Pino	E. 1	—	8,1	7,3	12,6	A	21,5	21,2	61,4	12,4	18,1	11,3
	E. 2	—	—	—	—	B	23,0	12,0	52,1	12,6	16,7	10,8
	E. 3	18	7,9	6,9	12,4	A	22,8	11,5	50,4	10,8	18,6	14,3
	E. 4	—	—	—	—	B	21,6	10,8	50,0	13,1	17,0	11,9
	E. 5	23	8,2	7,1	12,5	A	21,9	11,3	51,6	18,6	21,2	11,2
	E. 6	—	—	—	—	B	21,3	10,2	47,8	14,1	19,0	13,0
Paja	E. 7	—	7,9	6,9	12,6	A	24,2	14,1	58,2	20,5	23,6	9,4
	E. 8	—	—	—	—	B	23,7	13,4	56,5	14,6	18,4	9,1
	E. 9	18	8,0	7,1	12,0	A	23,8	15,1	63,4	16,1	22,0	8,9
	E. 10	—	—	—	—	B	24,0	13,7	55,4	12,3	20,1	12,3
	E. 11	23	8,3	7,1	12,2	A	22,3	13,2	59,1	16,5	21,3	11,4
	E. 12	—	—	—	—	B	23,6	12,8	54,2	16,1	23,9	10,8

## SEGUNDA PARTE

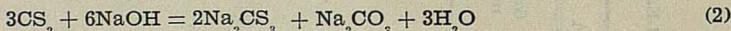
### ESTUDIO DEL PROCESO DE MADURACIÓN DE LA VISCOSA, ASÍ COMO DE LAS INFLUENCIAS QUE EJERCEN ALGUNOS FACTORES SOBRE SU DESARROLLO.

Ya en alguno de los anteriores capítulos hemos tratado sobre las distintas reacciones que tienen lugar en la xantogenación y disolución de la álcalicelulosa. El proceso hemos dicho que es de carácter intermicelar, sin que intervengan en él nuevas fuerzas de valencia. La reacción de formación del xantato o éster celulósico del ácido sulfotiocarbónico, podemos expresarla según:

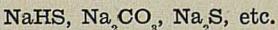


Paralelamente a esta reacción principal (1), se desarrollan una serie de reacciones secundarias que pueden clasificarse en dos grupos: a) las que transcurren con participación del sulfuro de carbono en ellas, el cual reacciona con la sosa; b) aquéllas que tienen lugar con participación de la celulosa.

Entre las primeras, una fundamental es la de formación de un compuesto que comunica el color rojo naranja intenso al xantogenato, blanco de por sí; dicho compuesto es el triocarbonato sódico:



Además se forman



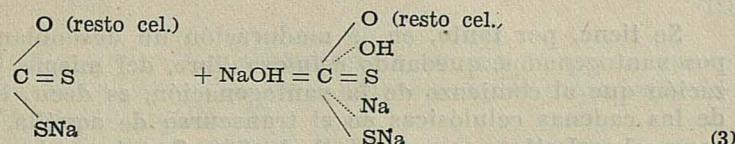
Todas estas reacciones y productos, a más del  $\text{H}_2\text{S}$  que también resulta de alguna otra reacción secundaria, nos muestran la complicación de los procesos de xantogenación y de disolución del xantato, así como el hecho de que la viscosa no sea una substancia de composición química única, sino una mezcla de varias, conocidas y desconocidas, cuya proporción en aquélla no es constante, sino que viene influenciada por numerosas causas.

El grado de xantogenación de las micelas depende de la concentración de  $\text{CS}_2$ , del estado de madurez de la álcalicelulosa, de la temperatura y de la cantidad de agua que ella lleva. Una álcalicelulosa seca apenas se ataca por el sulfuro de carbono; es necesario para que éste entre en reacción el que las valencias principales de los grupos OH estén saturados por el dipolo  $\text{H}_2\text{O}$ .

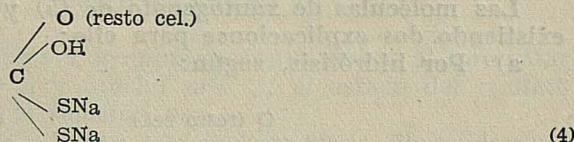
A una temperatura elevada existe la tendencia a formarse el tritiocarbonato sódico con rapidez, haciéndose inestable el xantogenato y precisando cantidades mayores de  $\text{CS}_2$  para que la reacción se desarrolle según (1).

Staudinger y Daumiller (26), deducen por el hecho de que el xantato sea un coloide molecular heteropolar, el que las partículas coloidales en las soluciones de xantato son macromoleculares y no micelares, por analogía con las sales del ácido poliacrílico (27). Para efectuar la comprobación de su idea, transforman el xantogenato en derivados polímeros análogos, cuya estructura macromolecular se puede comprobar. Deducen por medidas cuidadosas que el grado de polimerización del xantogenato no sufre modificación al ser saponificado.

Como el xantato ha de disolverse en agua y lejía, se precisa, para tener un xantogenato bien soluble un mínimo de grupos  $[-\text{C} \begin{array}{l} \diagup \\ \diagdown \end{array} \text{S}]_{\text{SNa}}$ ; este mínimo debe ser suficiente para comunicar a las micelas un carácter hidrófilo y hacer que sea soluble en agua. Esta disolución se efectúa según una reacción química, según afirman Rassow y Achnelt (28), por lo cual hay primeramente una unión por valencias secundarias de una molécula de NaOH a la molécula de xantogenato



saltando a continuación las dobles valencias del grupo  $\text{C} = \text{S}$ , y resultando un cuerpo de fórmula:

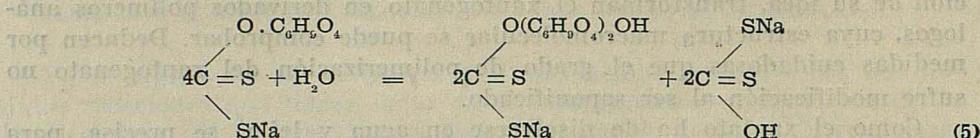


Esta reacción no es muy admitida, ya que, al tratar las soluciones de viscosa por un ácido, no se tiene el cuerpo (4) sino el xantogenato primitivo. Ello induce a varios investigadores a pensar, como lo hace L. Mirillas (29), de que se trata de una peptización del xantato por la lejía, con formación de una solución coloidal hidrófila de partículas de aquél, lo que puede representarse como una sal sódica de un ácido polibásico.

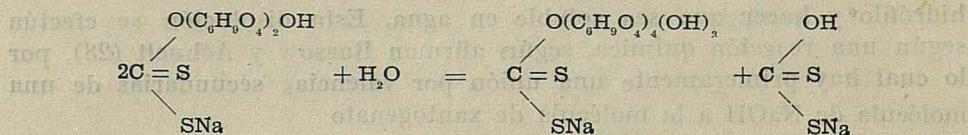
La disolución del xantato ha de efectuarse cuidadosamente, a temperaturas bajas y procurando que no queden en la viscosa partículas incompletamente disueltas. Esta disolución no es adecuada para someterla a un hilado o a otras aplicaciones, sino que ha de estar un cierto tiempo en reposo con lo que sufre lo que llamaremos la "maduración de la viscosa". En ésta tiene lugar un conjunto de reacciones y procesos químicos y coleidoquímicos que trataremos seguidamente de una manera escueta.

PROCESO QUÍMICO DE LA MADURACIÓN.

En el tratamiento de la maduración se va desplazando la reacción (1) hacia la izquierda, aumentando progresivamente la proporción de la celulosa. Va disminuyendo la relación  $\text{CS}_2 : \text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ , sin que tenga lugar una completa destrucción de todo el xantogenato cuando la viscosa llega a coagularse con el tiempo. La reacción de separación de los restos sulfocarbonados puede expresarse por:



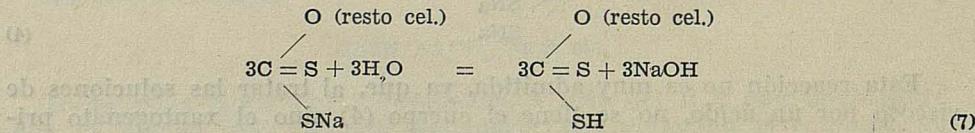
es decir, que se forma una molécula de "dicelulosa-xantogenato", la cual, con una nueva molécula de agua da un "tetracelulosa-xantogenato":



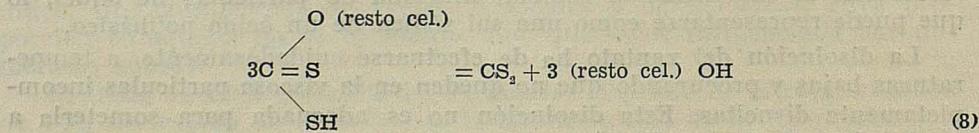
Se tiene, por tanto, en la maduración un desdoblamiento de los grupos xantogenados, quedando celulosa libre, del mismo grado de polimerización que al comienzo de la xantogenación, es decir, que no hay rotura de las cadenas celulósicas en el transcurso de aquélla, como han podido comprobar Lottermoser y Wultsch (30). Cuantos más grupos tiosulfocarbonatos se desdoblan, tanto más insoluble se hace el xantogenato, hasta que llega el momento en que la proporción de aquéllos es insuficiente para mantenerse en disolución y la viscosa se coagula.

Las moléculas de xantogenato de (5) y (6) se terminan de desdoblar, existiendo dos explicaciones para ello:

a) Por hidrólisis, según:

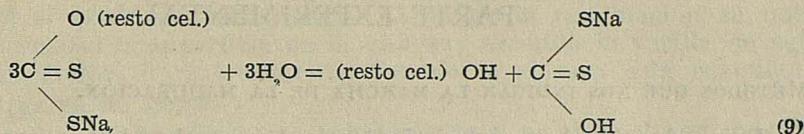


El ácido xantogénico se desdobra inmediatamente en:

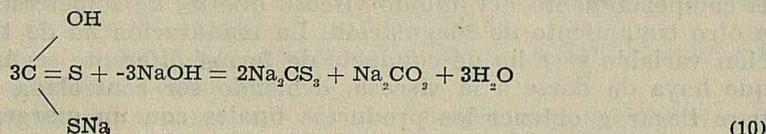


y el sulfuro de carbono libre reacciona con el hidróxido sódico de la lejía según (2), originándose triocarbonato y carbonato sódico como productos finales.

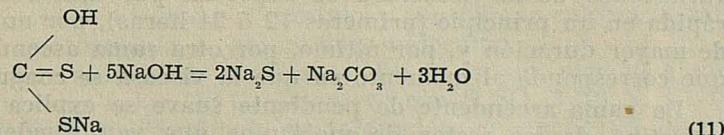
b) Por saponificación del xantogenato de celulosa:



y el CSSNa reacciona con el hidróxido sódico para dar tritiocarbonato y carbonato sódico y, a veces, sulfuro sódico:



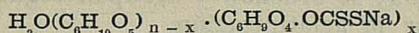
o bien:



Este tritiocarbonato sódico se descompone a su vez en parte, dando nuevamente sulfuro de carbono, que va a unirse a aquél procedente del desdoblamiento del xantato según (8).

El sulfuro de carbono con la sosa da origen a toda una serie de reacciones secundarias y productos que ya hemos descrito anteriormente.

J. D'Ans y A. Jager (31) asignan a la viscosa la fórmula:



A los  $n$   $\text{O}_6$  totales van unidos  $x$  grupos xantogenados y al aumentar la maduración disminuye algo  $n$  y mucho más  $x$ ; el estado del xantato disuelto puede expresarse por la relación  $n/x$ .

Los grupos hidróxilo de la celulosa que han quedado libres después del desdoblamiento del xantogenato, no permanecen inactivos, sino que fijan el sodio de la sosa contenida en la lejía de disolución; la cantidad de aquélla fijada por la celulosa crece con el tiempo, a medida que progresa la maduración de la viscosa, de forma que la cantidad de sosa libre contenida en la viscosa va siendo cada vez menor.

La velocidad de descomposición del xantogenato durante la maduración depende de una serie de factores, algunos de los cuales son objeto de nuestro estudio; una acción retardatriz se tiene cuando la concentración de álcali en la viscosa es grande, o bien, cuando se mantiene a temperaturas bajas o se emplea un exceso de  $\text{CS}_2$  en la xantogenación, como ya se ha mencionado anteriormente.

## PARTE EXPERIMENTAL

### MÉTODOS QUE NOS INDICAN LA MARCHA DE LA MADURACIÓN.

Para el control o conocimiento de la marcha del proceso de maduración de la viscosa, hemos de emplear como métodos analíticos los que expondremos seguidamente. Son éstos de sumo interés para poder conocer el proceso de la maduración, el cual juega un papel importantísimo en el comportamiento del líquido viscoso que ha de someterse a un hilado o a otro tratamiento de coagulación. La maduración ha de tener una duración variable y se ha de conducir de forma diferente según la aplicación que haya de darse a la viscosa, debiendo ser controlada periódicamente para llegar a obtener los productos finales con un margen de seguridad sobre las propiedades que se desea posean. Estos métodos son:

1.<sup>o</sup> *Medida de la viscosidad, por el método de la caída de la bola.* Las variaciones de la viscosidad se expresan por una curva de caída muy rápida en un principio (primeras 12 ó 24 horas), por un tramo ascendente de mayor duración y, por último, por otra rama ascendente casi vertical, que corresponde al momento en que la viscosa se coagula.

La rama ascendente de pendiente suave se explica por la asociación paulatina de los restos de moléculas que van quedando libres por el desdoblamiento del xantogenato, para dar otras partículas mayores. Mirlas (\*) afirma que lo esencial en la maduración son los procesos coleidoquímicos que tienen lugar como consecuencia de la reacción de desdoblamiento del xantato; en esta acción disminuye la hidrofilia del coloide, aumentando sus propiedades hidrófobas. Las cubiertas acuosas que rodeaban al xantato desaparecen, con tendencia a la formación de agregados o partículas secundarias, lo que origina un aumento de la viscosidad. Cuando aquéllas se ordenan y agrupan según una estructura determinada, tiene lugar la gelatinización.

La rama descendente rápida es aclarada por muchos (Lottermoser, Hess, Heuser) por el vencimiento de la inercia de los agregados de micelas en la dispersión, con la consiguiente homogenización de la solución coloidal. Este descenso no es debido a destrucciones o despolymerizaciones de la molécula de celulosa, lo que no ocurre sensiblemente durante todo el proceso de la maduración.

2.<sup>o</sup> *Grado de maduración, según Hottenroth* también conocido con el nombre de "grado de maduración" o "número de cloruro amónico", ya que en su ejecución se emplea una disolución de cloruro amónico para coagular la viscosa. Cuando a ésta se le agrega un electrolito, por ejemplo cloruro amónico, se coagula, precisando una cantidad tanto mayor de aquél cuanto menor es el tiempo que ha transcurrido desde su preparación; una viscosa ya muy madura precisa muy poco electrolito para coagularse por completo. Basándose en este hecho, fué dado por Hottenroth el método que lleva su nombre y que nos permite apreciar con bastante exactitud el estado de maduración de la viscosa.

Para la determinación se diluyen en un vaso 20 gramos de viscosa con 30 cm<sup>3</sup> de agua destilada y se le va agregando con agitación con-

\* Loc. citada.

tinua, solución al 10 % de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  contenido en una bureta, hasta que la coagulación finaliza; el número de centímetros cúbicos gastados indica precisamente el grado de maduración. El fin de la coagulación se nota por ponerse rugosa la superficie de la viscosa; sacando la varilla de agitación y colocándola horizontalmente, cuando la viscosa está coagulada se observa que ya no gotea.

La valoración ha de afectuarse rápidamente y no debe durar más de uno o dos minutos. Tiene el inconveniente de que la facilidad de goteo de un líquido depende gradualmente de su viscosidad, por lo cual se comprende fácilmente que, al intervenir ese nuevo factor en la apreciación del punto final de la coagulación, tendremos datos de maduración falsos cuando existan grandes diferencias en las viscosidades.

3.<sup>o</sup> *Alcali total*, valorándolo con solución N de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , después de diluir la viscosa convenientemente.

4.<sup>o</sup> *Determinación acidimétrica de la "proporción molecular"*. Se basa en el hecho de que las moléculas de NaOH unidas al grupo xantogenato constituyen una medida de la cantidad de celulosa xantogenada. Por volumetría se determina la cantidad de NaOH libre, y la NaOH total, siendo la diferencia el álcali unido al xantato y con ello se calcula la cantidad de celulosa xantogenada o proporción molecular.

Una cantidad determinada de viscosa se diluye en un vaso y, a una temperatura no superior a los 10° C., se valora con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1/10 N. y rojo de metilo como indicador. Terminada la valoración, se añade un exceso de ácido (10 cm<sup>3</sup>) y se deja en reposo a la temperatura ambiente unos veinte minutos; la celulosa se coagula en forma de copos blancos. El exceso de ácido sulfúrico se valora con NaOH 1/10 N. y rojo de metilo. Gastados  $\alpha$  centímetros cúbicos.

La "proporción molecular" o relación entre la celulosa total y la celulosa xantogenada, viene dada por la relación:

$$\frac{\text{Peso de viscosa} \times \% \text{ de cel. en viscosa}}{1,62 (10-\alpha)} = \text{PM.}$$

Exige esto la determinación del tanto por ciento de alfacelulosa en la viscosa, lo que se efectúa pasando una cierta cantidad de ésta, formando con ella una delgada película entre dos vidrios planos e introduciendo éstos en un baño de coagulación, de la composición siguiente (aproximada):

$\text{H}_2\text{SO}_4$ .....	130-140 gr/l.
$\text{Na}_2\text{SO}_4$ .....	275-290 gr/l.
$\text{ZnSO}_4$ .....	4-5 gr/l.
Temperatura .....	45-48° C.

La celulosa se coagula y se separa del vidrio en forma de una fina película, que se lava bien, se seca y se pesa.

Hechas estas notas sobre las normas analíticas, pasamos a la exposición de los resultados de las experiencias efectuadas sobre la maduración de la viscosa.

Estas se pueden agrupar en los siguientes puntos:

a) Estudio químico de la viscosa, con determinación de las relaciones existentes entre alguno de sus componentes, propios o adicionados y la maduración de la misma, así como fijación de la forma en que varían algunos datos característicos de la viscosa durante su maduración.

b) El haber realizado numerosas determinaciones del grado de Hottenroth en una gran cantidad de muestras de viscosas de todas clases y características, nos condujo a observar el hecho de que los valores que obteníamos por aplicación del método de Hottenroth dependían muchas veces de la viscosidad que presentase la viscosa, así como de la temperatura a que se realizaba la determinación. Ello nos ha obligado a estudiar detenidamente este método, obteniendo los resultados que exponemos más adelante.

c) Con el deseo de encontrar otro procedimiento que, independientemente de la temperatura y de la viscosidad (siempre dentro de los límites normales), nos fijase con bastante precisión el momento de la coagulación de la viscosa, se ha estudiado teórica y experimentalmente un método elástico, que puede aplicarse con suma facilidad al análisis de la viscosa. . .

Este procedimiento elástico se ha aplicado para establecer una relación entre el grado de maduración de la viscosa y su índice de refracción.

En resumen, los puntos tratados concretamente son:

1.<sup>o</sup> Relación entre la concentración de NaOH en la viscosa y la maduración de ésta.

2.<sup>o</sup> Adición de Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> a la lejía de disolución del xantato; su acción sobre el curso de la maduración.

3.<sup>o</sup> Estudio crítico del método de Hottenroth. Influencia de la temperatura a que se efectúan las determinaciones sobre los resultados finales.

4.<sup>o</sup> Variación de algunos factores que definen a la viscosa, durante la maduración.

5.<sup>o</sup> Estudio teórico y experimental de un nuevo procedimiento elástico que nos permite fijar con exactitud el punto de coagulación de la viscosa. Su adaptación a la técnica del análisis de las mismas.

Relación entre el grado de maduración y el índice de refracción de la viscosa.

#### 1.— INFLUENCIA DE LA CONCENTRACIÓN DE NaOH EN LA VISCOSA SOBRE LA MADURACIÓN.

Es un hecho comprobado el que una viscosa pobre en lejía madura más rápidamente que otra que tiene una mayor concentración en aquélla.

Se va determinando el grado de maduración según Hottenroth en viscosas que contienen 5, 6, 7 y 8 % de lejía, viendo su variación primero cada 4 ó 6 horas y, después, en intervalos de tiempo más distanciados, hasta llegar a ocho días.

Lo primero que observamos es que las viscosas ricas en NaOH precisan más centímetros cúbicos de solución de NH<sub>4</sub>Cl para coagularse que las pobres en NaOH, es decir, se hallan más lejos del punto de coagulación. En la mayor parte de su curso son las curvas de maduración de cada viscosa casi paralelas, lo que parece ser una comprobación de que, con la adición de mayor cantidad de lejía a la viscosa, se consigue una mayor estabilización de la disolución.

Aparentemente, el hidróxido sódico debiera originar una descomposición del cloruro amónico, pero éste no es el caso, ya que tenemos las porciones últimas de las curvas que son bien paralelas, y si hubiese un gasto del  $\text{NH}_4\text{Cl}$  debido a su destrucción por el álcali, las curvas serían divergentes, resultando menos inclinadas aquéllas que correspondiesen a viscosas con mayor concentración de NaOH.

En la Tabla XVII damos los resultados obtenidos en una de las experiencias efectuadas, viéndose claramente también la marcha del proceso en el gráfico de la fig. 9.

TABLA XVII

Conc. Na OH en visc. %	Núm. de Hottenroth de la viscosa, después de una maduración de ..... horas							
	0	5	10	15	25	35	50	70
5	10,8	14,0	21,2	24,2	21,4	17,1	12,0	11,8
6	17,3	23,1	28,0	32,8	26,0	20,2	16,0	12,1
7	21,1	26,5	34,0	34,5	30,3	23,4	21,1	15,4
8	28,2	35,0	37,0	39,0	40,1	36,0	28,1	22,9

Conc. %	H O R A S			
	100	150	200	300
5	8,4	6,6	6,8	4,5
6	11,1	8,5	9,1	6,2
7	12,4	11,0	11,6	9,4
8	17,3	15,3	14,6	12,5

En las primeras 30 ó 40 horas de la maduración se nota un aumento, seguido de un brusco descenso, del grado de Hottenroth, lo cual puede explicarse en la rama descendente, por la gran disminución que sufre la viscosidad en esa zona. Las ramas ascendentes entre 0 y 10, ó 0 y 15 horas, han de explicarse necesariamente por encontrarse la viscosa recientemente preparada en un estado de dispersión creciente (después de la disolución del xantato), el cual adquiere un máximo al cabo de unas horas, momento que corresponde al comienzo de la verdadera maduración.

Esto concuerda con las observaciones de Shojino y Sakurada (32) sobre la variación del grado de xantogenación y la viscosidad de la viscosa; encuentran que en viscosas recientemente preparadas, aquél comienza ascendiendo, mientras que la viscosidad disminuye; el máximo de xantogenación y el mínimo de viscosidad se alcanzan casi al mismo tiempo, deduciéndose que, por composición de estas dos variables, se tenga el máximo para el grado de Hottenroth.

2.— INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  A LA LEJÍA DE DISOLUCIÓN DEL XANTATO SOBRE EL GRADO DE MADURACIÓN DE LA VISCOSA Y SOBRE SU VISCOSIDAD.

Con diversas finalidades se ha buscado la influencia de algunas substancias sobre el proceso de la maduración y así vemos, por ejemplo, la acción del  $\text{Na}_2\text{S}$ , estudiada por Risow (33). Aquél actúa disminuyendo la viscosidad, influencia que decrece al cabo del tiempo, de forma que, después de un número variable de horas, las curvas que en los dos casos se obtienen (con o sin adición de sulfuro sódico) se juntan.

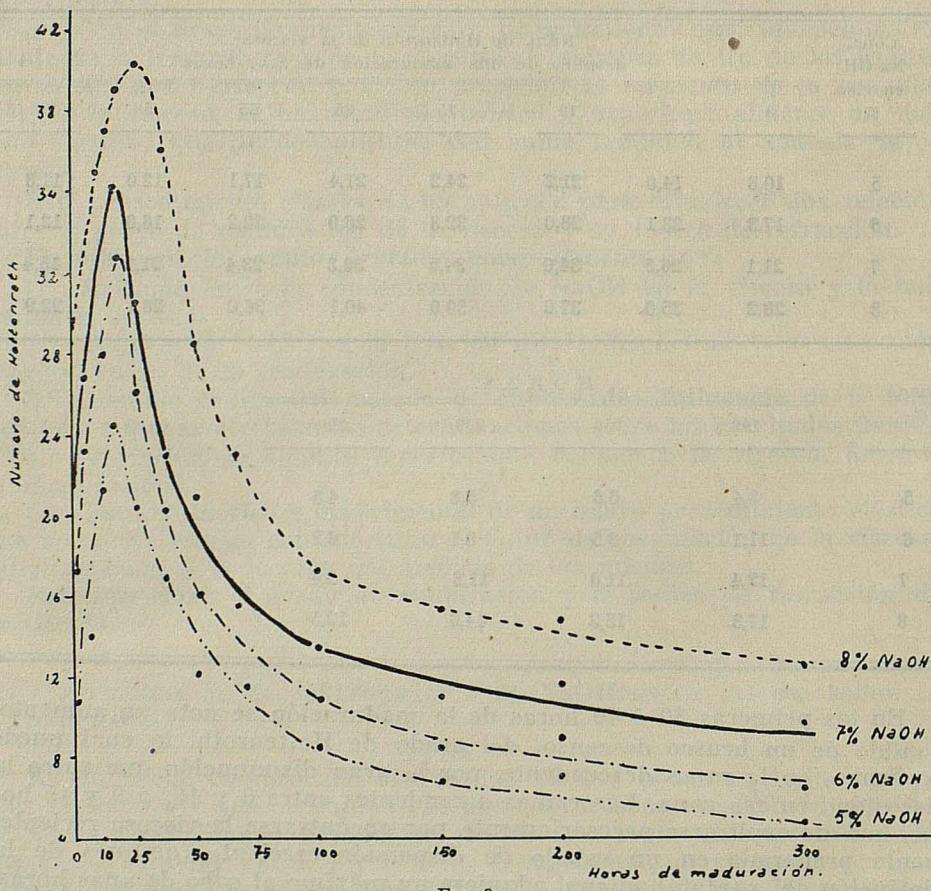


FIG. 9

S. Monden y colaboradores (de la escuela de G. Hita) (34) adicionan sulfuro sódico a la viscosa en diferentes momentos de su obtención y encuentran que la viscosidad desciende cuando se agrega aquél a la ácalicelulosa o en la xantogenación. Por el contrario, una adición antes de la maduración ocasiona un aumento de la viscosidad (de 10 a 30 por ciento más).

Otros investigadores de la misma escuela citada (35) encuentran que el  $\text{Na}_2\text{S}$  aumenta la sensibilidad de la álcalicelulosa frente al oxígeno, durante la maduración; disminuye la viscosidad y se eleva el número de cobre, es decir, hay más destrucción de cadenas celulósicas durante la maduración. Impregnando celulosas durante algunas horas con soluciones de sales susceptibles de ser oxidadas (como  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{NaHS}$  y  $\text{KHS}$ ) y dejándolas después al aire, se despolimerizan mucho; suponen que la oxidación de las combinaciones sulfuradas acelera o provoca la de la celulosa. Con soluciones no auto-oxidables, (de  $\text{KCNS}$  o  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) no sucede esto.

En nuestras experiencias hemos tratado de ver la acción del *sulfito sódico* sobre la marcha de la maduración; se ha agregado a la viscosa en proporción hasta de un 1 % respecto a la cantidad de alfacelulosa contenida en aquélla.

La álcalicelulosa preparada según las normas expuestas y de composición 15-16 % de  $\text{NaOH}$  y 29-30 % de alfacelulosa, se xantogena con 35 % de sulfuro de carbono y se transforma en viscosa, de forma que ésta resulte de composición 8 % de alfacelulosa y 7 % de  $\text{NaOH}$ . Con la lejía de disolución del xantato se añade 0; 0,15; 0,35; 0,50; 0,80 y 1 % de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ . La viscosa se deja madurar y al cabo de varias horas se toman muestras en las que se determina el grado de maduración y la viscosidad.

Se hacen experiencias con dos viscosas, a las que se agregan las cantidades de sulfito expuestas en las Tablas XVIII y XIX, exponiéndose en ellas los resultados obtenidos.

TABLA XVIII

Tiempo madur. horas	Sin sulf.		0,5% $\text{Na}_2\text{SO}_3$		0,8% $\text{Na}_2\text{SO}_3$		1,0% $\text{Na}_2\text{SO}_3$	
	Visc. seg.	Grad. madur.	Visc. seg.	Grad. madur.	Visc. seg.	Grad. madur.	Visc. seg.	Grad. madur.
4	48	alto	47	—	40	—	34	—
21	45	10,5	41	11,5	36	11,4	30	11,5
28	42	9,6	39	10,7	33	10,7	29	10,8
45	42	7,6	41	9,1	35	9,2	29	9,2
52	47	7,5	46	8,6	38	8,6	29	8,6
68	51	5,7	56	7,0	43	7,0	36	7,1

TABLA XIX

Tiempo madur. horas	Sin sulf.		0,15% $\text{Na}_2\text{SO}_3$		0,35% $\text{Na}_2\text{SO}_3$		0,50% $\text{Na}_2\text{SO}_3$	
	Grado maduración		Grado maduración		Grado maduración		Grado maduración	
22	10,1		10,2		10,8		8,0	
24	9,6		9,9		10,6		10,3	
27	9,2		9,6		10,1		9,8	
46	6,9		7,6		8,3			

Gráficamente expresamos estos datos en la fig. 10.

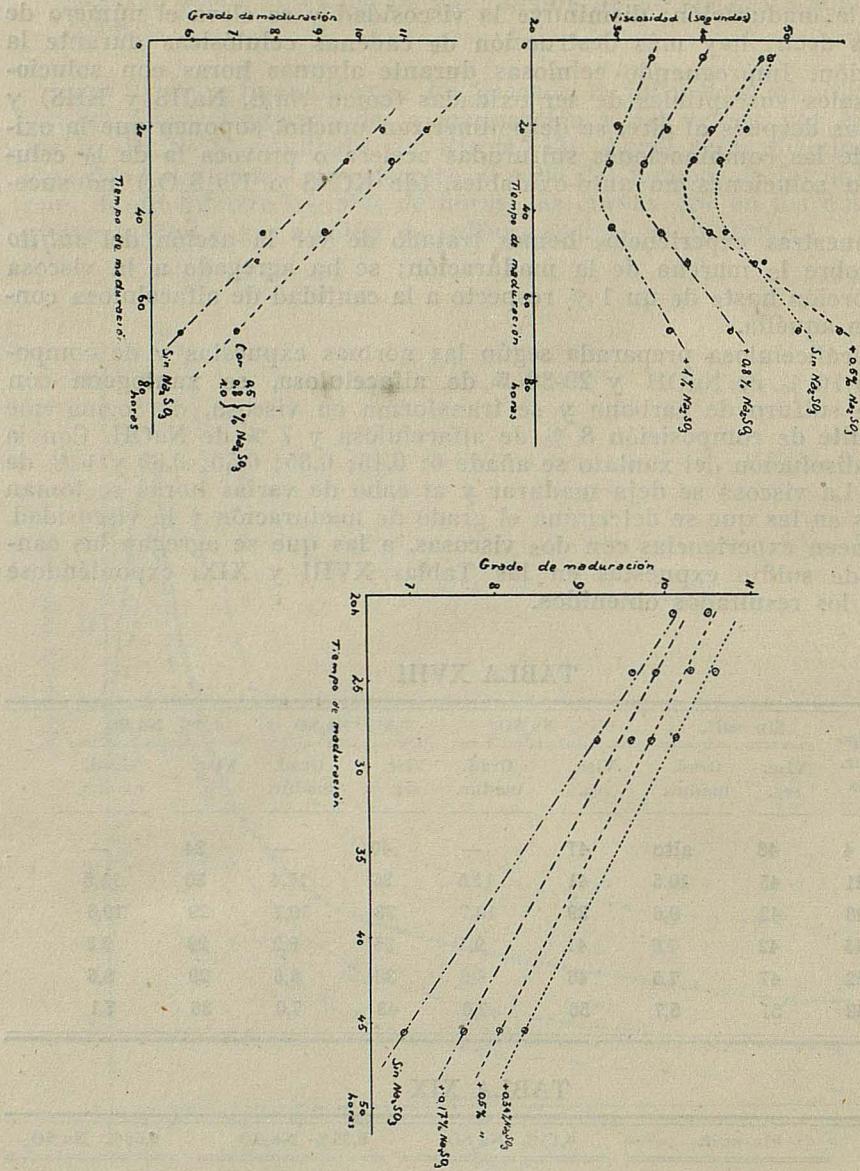


FIG. 10

En estos gráficos y en las Tablas anteriores observamos lo siguiente:

- 1º Que las líneas de variación de la viscosidad con el tiempo son curvas que transcurren casi paralelamente y que presentan un mínimo de viscosidad para un tiempo de maduración de 35 horas.

2.<sup>o</sup> La viscosidad desciende muy poco, en tanto no se llega a una proporción de 0,5 % de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , pero por encima de este valor, desciende considerablemente (hasta un 40 %). Con un 1 % de sulfito sódico en la viscosa baja la viscosidad en uno de los casos tratados, de 46 a 29 segundos.

Este descenso tan marcado de la viscosidad a medida que agregamos más sulfito, no es conveniente para el hilado de la viscosa, ya que viene a dificultarlo.

3.<sup>o</sup> Para 0,5, 0,8 y 1,0 % de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  los valores del grado de maduración (tomados en los mismos intervalos de tiempo) son casos idénticos y siguen una recta paralela a la de los valores del grado de maduración de la viscosa sin sulfito.

Estos últimos se hallan aproximadamente 1,2 unidades (centímetros cúbicos de cloruro amónico al 10 %) por debajo de los correspondientes a las otras viscosas a las que no se agregó  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ .

La consecuencia es que la maduración se retarda por la adición de sulfito.

4.<sup>o</sup> Para adiciones menores de sulfito sódico se tiene también líneas rectas, representativas del curso de la maduración. Ya para 0,35 % de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  resultan diferencias en el apartado anterior, por lo que vemos que entre 0,35 y 1 % de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , se tiene un ligero aumento del tiempo de maduración, pero no proporcional a la cantidad añadida. Es inútil, por tanto, cuando se desea retardar la maduración de una viscosa, el añadir más de un 0,35 % de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (respecto a alfacelulosa), ya que sólo se consiguen descensos contraproducentes de la viscosidad.

La acción del sulfito sódico sobre la viscosidad puede compararse a la ya citada anteriormente de las substancias auto-oxidables, como el sulfuro sódico.

### 3. — INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA A QUE SE EFECTÚA LA DETERMINACIÓN DEL GRADO DE HOTTENROTH SOBRE LOS RESULTADOS FINALES.

Ya hemos hecho mención al hablar de la inestabilidad del xantogenato, de la distinta descomposición de éste que se observa al someter la viscosa a maduraciones variables, en cuanto a su temperatura se refiere. Para mayores temperaturas, el valor  $-\gamma$  del xantogenato va disminuyendo con rapidez creciente, según han podido comprobar Fink y colaboradores (36). Con el fin de que esta descomposición no sea muy rápida, lo que haría poco regulable la maduración de la viscosa, se ha de conducir ésta a una temperatura no sólo constante, sino baja; a 0° C. la curva del valor  $-\gamma$  se confunde con una recta y es poco inclinada. En general, se adopta como temperatura de maduración una comprendida entre 10 y 17 grados C.

Conocido este hecho, nos hemos propuesto ver la influencia de la temperatura a que se encuentra la viscosa durante la determinación del número de Hottenroth, sobre la cantidad de solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  gastada. Hechas experiencias a temperaturas de 15, 20 y 25° C., de las cuales damos un resumen en la Tabla XX, se observa que los números de Hottenroth crecen a medida que se eleva la temperatura, es decir, a medida que la viscosidad disminuye.

TABLA XX

Temperatura ° C.	Núm. de Hottenroth cm <sup>3</sup> NH <sub>4</sub> Cl al 10 %	Viscosidad seg.
15	13,1	32
20	14,7	26
25	16,3	23,4

Hemos de tener siempre en cuenta esta influencia de la temperatura sobre la cantidad de centímetros cúbicos de la solución de cloruro amónico que son necesarios para llegar a la coagulación de la viscosa y, por tanto, fijamos como norma el hacer siempre la valoración a 20° C. Para conseguir esto se coloca la viscosa en un termostato, antes de llevar a cabo el ensayo.

4.— VARIACIÓN DE ALGUNOS FACTORES Y COMPONENTES DE LA VISCOSA DURANTE SU MADURACIÓN.

En una serie de viscosas obtenidas según las normas generales dadas en un principio, se han realizado las siguientes determinaciones:

- 1.<sup>o</sup> Alcali libre.
- 2.<sup>o</sup> " combinado.
- 3.<sup>o</sup> Proporción molecular.
- 4.<sup>o</sup> Número de Hottenroth.

Los métodos analíticos son los ya mencionados.

Como resumen de resultados, damos la Tabla XXI para un tiempo de maduración de 84 horas. Los análisis se han efectuado con intervalos de tiempo de 12 horas. La maduración transcurre en todos los casos a 15° C.

TABLA XXI

	TIEMPO: HORAS							
	0	12	24	36	48	60	72	74
Núm. de Hottenroth	4,1	4,3	4,60	4,86	5,10	5,28	5,32	5,34
Prop. molecular .....	2,3	2,08	1,35	1,63	1,31	0,98	0,52	0,20
NaOH pura (libre) ..	1,72	1,82	1,93	2,10	2,32	2,58	2,73	3,13
Alcali libre % .....	30	30	30	29,8	23,0	19,0	15,5	11,2

En la fig. 11 los hemos representado gráficamente, pudiendo verse claramente lo siguiente:

1.<sup>o</sup> El álcali libre va aumentando progresivamente, siguiendo casi una línea recta.

2.<sup>o</sup> A medida que aumenta el tanto por ciento de álcali libre, disminuye el de sosa pura, siguiendo también una línea recta aproximadamente.

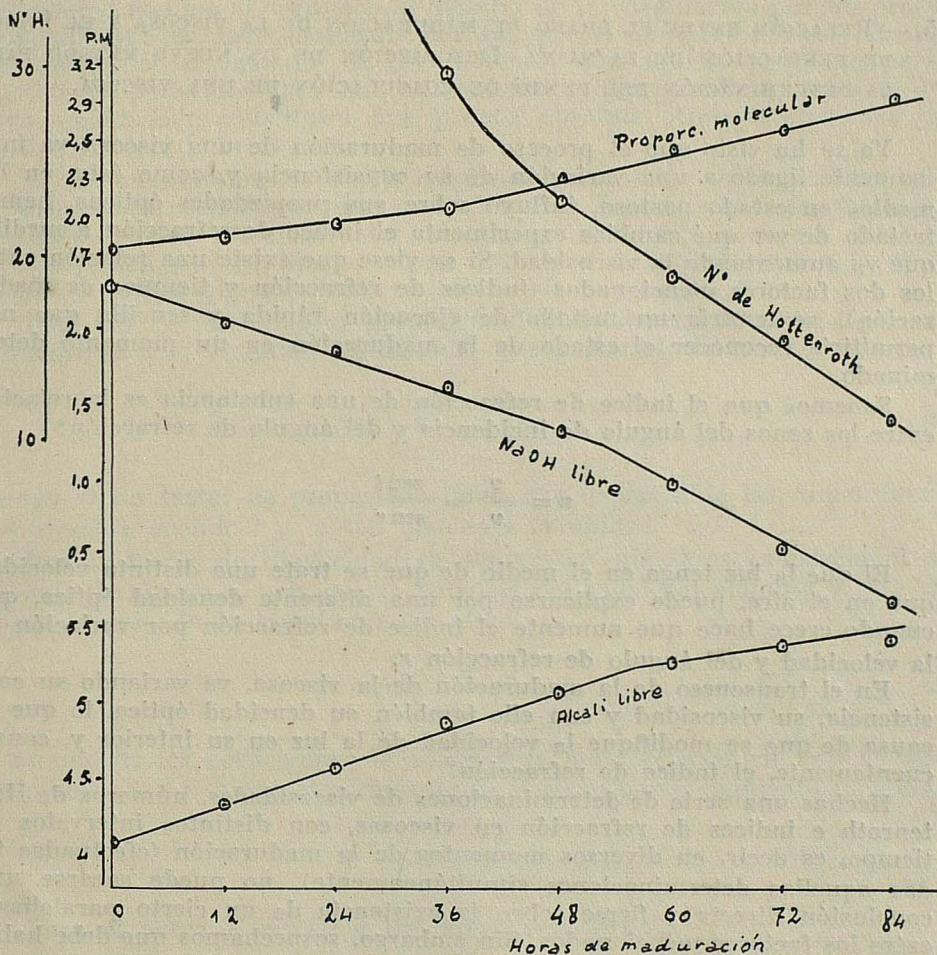


FIG. 11

3.<sup>o</sup> El número de Hottenroth va disminuyendo según la curva que en otro punto tratamos; no se ha seguido haciendo la determinación cuando la viscosa recién preparada requería más de 30 centímetros cúbicos de solución de cloruro amónico al 10 %. Alcanza un valor menor de 30 cuando el tanto por ciento de NaOH libre es de 1,6 aproximadamente.

4.<sup>o</sup> La proporción molecular crece con el tiempo, es decir, la proporción de celulosa xantogenada desciende y lo hace casi linealmente.

Vemos en estos gráficos que el descenso de la curva representativa de la NaOH libre va acompañado de un aumento simultáneo de la proporción molecular y, aproximadamente, con el mismo coeficiente angular (aunque de signo contrario), de forma que la determinación de la variación de la NaOH libre en la viscosa puede constituir un juicio sobre el estado de la maduración, análogamente a como se tiene con la fijación de la proporción molecular o del grado de Hottenroth.

5.— RELACIÓN ENTRE EL GRADO DE MADURACIÓN DE LA VISCOZA Y EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE LA MISMA. DESCRIPCIÓN DE UN NUEVO MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE COAGULACIÓN DE UNA VISCOZA.

Ya se ha visto que el proceso de maduración de una viscosa va íntimamente ligado a una variación de su consistencia y, como ésta, en los medios en estado pastoso, influye sobre sus propiedades ópticas, hemos tratado de ver qué cambios experimenta el índice de refracción a medida que va aumentando la viscosidad. Si se viese que existe una relación entre los dos factores mencionados (índices de refracción y tiempos de maduración), se tendría un método de ejecución rápida y sencilla que nos permitiría reconocer el estado de la maduración en un momento determinado.

Sabemos que el índice de refracción de una substancia es la relación entre los senos del ángulo de incidencia y del ángulo de refracción:

$$n = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\operatorname{sen} i}{\operatorname{sen} r}$$

El que la luz tenga en el medio de que se trate una distinta velocidad que en el aire, puede explicarse por una diferente densidad óptica, que cuando crece hace que aumente el índice de refracción por variación de la velocidad y del ángulo de refracción *r*.

En el transcurso de la maduración de la viscosa, va variando su consistencia, su viscosidad y con ello también su densidad óptica, lo que es causa de que se modifique la velocidad de la luz en su interior y, consecuentemente, el índice de refracción.

Hechas una serie de determinaciones de viscosidades, números de Hottenroth e índices de refracción en viscosas, con distintos intervalos de tiempo, es decir, en diversos momentos de la maduración (efectuadas todas aquellas determinaciones simultáneamente), no puede sacarse una conclusión directa y firme sobre la existencia de un cierto paralelismo entre los factores mencionados. Sin embargo, sospechamos que debe haber en principio alguna relación entre el índice de refracción y el proceso de la maduración.

Es digno de mención el hecho de que la viscosa completamente coagulada muestra para su índice de refracción un valor muy superior al que tenía en un principio.

Esta falta de posibilidad de poder establecer una relación entre *n* y el tiempo de maduración, puede ser debida a una cierta inexactitud que presente el método de Hottenroth para fijar el momento de la coagulación. Con este pensamiento y por indicación del Dr. Gärtner, Director de los Laboratorios de investigaciones físico-químicas de un importante Grupo

alemán de fabricación de fibras textiles artificiales, pasamos a estudiar la maduración de la viscosa determinando el momento en que se llega a la coagulación de la viscosa por medidas elásticas.

La elasticidad es una característica del estado sólido de la materia; cuando una solución coloidal pasa de sol a gel crece la viscosidad en forma continua, hasta adquirir un valor infinito. El resultado es que el paso de líquido a sólido no puede definirse con toda exactitud y precisión por medida de la viscosidad. Por el contrario, al no poseer el estado de sol elasticidad alguna, si seguimos la marcha de la coagulación por un procedimiento que en todo momento nos indique el comportamiento elástico del medio, en el instante en que notemos que aquélla posee un valor apreciable, podremos decir que ha comenzado dicho medio a tomar el estado sólido. Ello constituirá una prueba absoluta sobre el comienzo de la coagulación de la viscosa.

Si de un alambre de acero colgamos un cilindro bien pulimentado y le hacemos oscilar por torsión del alambre, tenemos que, según la ley de Hooke, al ser de naturaleza elástica la ligadura que une al sistema con la posición de equilibrio, el par director  $p$  es proporcional a la elongación o ángulo que se separa el sistema de la posición cero.

Este par de torsión  $p$  es proporcional directamente al ángulo  $\varphi$  e inversamente a la longitud del hilo del que pende el sistema:

$$p = \frac{D}{l} \varphi \quad (1)$$

siendo  $D$  un factor de proporcionalidad que depende de las dimensiones del alambre cuando  $l$  y  $\varphi$  son iguales a la unidad.

Por la teoría de Elasticidad se demuestra que  $D$  es proporcional al módulo de rigidez  $\mu$ , a la cuarta potencia del radio del alambre y está en razón inversa de la longitud  $l$  del alambre:

$$D = \frac{\mu r^4}{2} \quad (2)$$

$\mu$  es uno de los coeficientes de Lamé y se halla relacionado con el módulo de Young  $E$  y con el coeficiente de Poisson por la siguiente fórmula:

$$\mu = \frac{E}{2(1-\sigma)}$$

Para el acero  $E = 24,2 \times 10^3$  kg/mm<sup>2</sup>;  $\sigma = 0,30$ .

$R = 80-150$  kg/mm<sup>2</sup>.

Cuando el cilindro oscilante se introduce en un medio viscoso el momento de amortiguamiento del sistema, como se trata de rozamiento entre sólidos y líquidos, es proporcional a la velocidad:

$$p' = -k \frac{d\varphi}{dt}$$

donde el coeficiente  $k$  es el momento de la fuerza amortiguadora cuando

la velocidad es igual a la unidad. Si  $I$  es el momento de inercia del sistema oscilante la ecuación diferencial de la oscilación es:

$$I \frac{d^2\varphi}{dt^2} + k \frac{d\varphi}{dt} + D = 0 \quad (3)$$

Se trata de una ecuación diferencial lineal de segundo orden, con coeficientes constantes y sin segundo miembro. La solución de esta ecuación diferencial es:

$$\varphi = \varphi_0 \left[ e^{-\frac{K}{2I} \cdot t} \cos \sqrt{\frac{D}{I} - \frac{k^2}{4I^2}} \right] \cdot t \quad (4)$$

Puede considerarse esta solución como una sinusode en la cual la amplitud decrece en forma exponencial a medida que transcurre el tiempo. El periodo o duración de una oscilación completa es:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{D}{I} - \frac{k^2}{4I}}} \sqrt{I} \quad (5)$$

el cual, por existir amortiguamiento, se llama seudoperíodo.

Cuando el momento de torsión del alambre es muy grande en comparación con el momento de amortiguamiento, debido a la viscosidad del fluido  $k \frac{d\varphi}{dt}$ , entonces la influencia de la viscosidad sobre el periodo de oscilación puede despreciarse y (5) se nos convierte en:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I}{D}} \quad (6)$$

o periodo propio del sistema.

En el aire o en un líquido como el agua o la viscosa diluida, oscila siempre el sistema describiendo el mismo periodo  $T_0$ . Ahora bien, si el líquido en el que se halla sumergido el cilindro adquiere propiedades elásticas, como sucede a la viscosa cuando comienza a coagularse por adición de solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , entonces disminuye considerablemente el periodo de oscilación; se aumenta el factor  $D$  en una cantidad que es precisamente el valor de la fuerza retardatriz del medio elástico que ahora rodea al cilindro, de forma que la duración de la oscilación se acorta. Si llamamos  $D_v$  a la fuerza amortiguadora debida a la viscosa, el periodo de oscilación habrá de calcularse por la expresión:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{D + D_v}} \quad (7)$$

análoga a (5) y de la que resulta para el periodo un valor menor que  $T_0$ .

Esta acción amortiguadora se debe a que las capas de viscosa inmediatas al cilindro se adhieren a él, acompañándose en la oscilación; este movimiento de las capas se va amortiguando a través del líquido hasta

llegar a las capas próximas a la pared del vaso, las cuales permanecen inmóviles.

El dispositivo empleado para la determinación del punto de coagulación lo damos en la fig. 12. Con el fin de que las oscilaciones sean más largas se aumenta el momento de inercia del sistema colocando dos pesos iguales en los extremos de una varilla que pende del mismo alambre que el cilindro. Todo ello tiene unas dimensiones tales, que el momento de torsión de alambres es grande en comparación con el momento de amortiguamiento de la oscilación, debido a la viscosidad y al frotamiento del cilindro con el medio en el que se halla introducido.

Las características del dispositivo que hemos empleado son: Cilindro de 30 mm.  $\Phi$  y 55 mm. de altura; alambre de acero de 0,5 mm.  $\Phi$  y 170 mm. longitud; pesos laterales de 500 grs. cada uno dispuestos en los extremos de una varilla de 250 mm. de longitud. En el punto de unión de esta varilla con el alambre va fijo un índice que se desliza sobre una escala graduada.

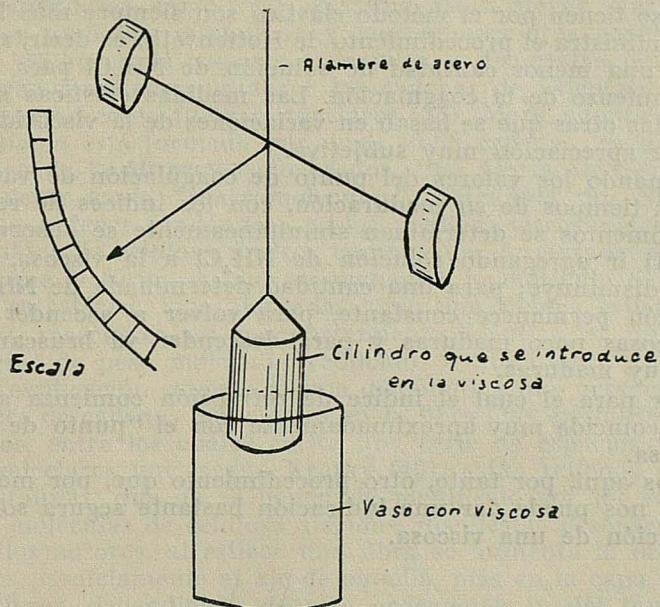


FIG. 12

La medida se efectúa en la forma siguiente: En un vaso previamente tarado se pone 100 grs. de viscosa, se diluyen con 150 cc. de agua y se agita todo ello bien; se introduce en esta viscosa el cilindro, incluido el estrechamiento cónico superior, levantando el vaso. Se lleva el índice que va unido a la varilla soporte de los pesos laterales al cero de la escala, que está separado unos  $80^\circ$  de la posición de equilibrio del sistema; dejándolo en libertad comienza aquél a girar, midiéndose con un cronómetro la duración de una oscilación completa. Determinado el período de oscilación en la viscosa diluida, se retira cuidadosamente el vaso con la viscosa, se deja que gotee bien el cilindro y se añaden unos cc. de solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  al 10%; es muy probable que con esta primera adición no varíe

la duración de la oscilación sino que se tiene sólo una disminución de la amplitud por aumento de la viscosidad. Pero llega un momento en que, al agregar nuevamente solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  a la viscosa, se tenga un tiempo de oscilación menor (varias décimas de segundo), significando esto que ha comenzado la coagulación. El número de cc. de solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  empleados, dividido por cinco, constituye el *punto de coagulación* de la viscosa (se divide por cinco para reducirlo a las mismas proporciones que el grado de Hottenroth que parte de 20 grs. de viscosa y aquí se han empleado 100 gramos).

Este método de determinación del "punto de coagulación" de una viscosa tiene la ventaja sobre el de Hottenroth de que los valores obtenidos son independientes de la viscosidad de la viscosa, así como de su temperatura, por lo cual nos da una imagen muy aproximada del verdadero estado de maduración de la viscosa. Puede utilizarse impunemente en el Laboratorio para el control de las viscosas al lado del método de Hottenroth o del de determinación del punto salino.

Es preciso tener en cuenta que los resultados del "punto de coagulación" que se tienen por el método elástico son siempre más bajos que los que nos suministra el procedimiento de Hottenroth, es decir, que por aquél se precisa una menor cantidad de solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  para conocer nosotros el comienzo de la coagulación. Las medidas elásticas son más sensibles que las otras que se basan en variaciones de la viscosidad las cuales resultan de apreciación muy subjetiva.

Relacionando los valores del punto de coagulación de varias viscosas, en diversos tiempos de su maduración, con los índices de refracción que en esos momentos se determinan simultáneamente se observa una cierta relación. Al ir agregando solución de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  a la viscosa, el índice de refracción disminuye; para una cantidad determinada de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  el índice de refracción permanece constante, para volver a ascender nuevamente en las viscosas poco maduras y para descender ya bruscamente en las viscosas muy maduras.

El valor para el cual el índice de refracción comienza a permanecer constante, coincide muy aproximadamente con el "punto de coagulación" de la viscosa.

Tenemos aquí, por tanto, otro procedimiento que, por medidas refractométricas, nos puede dar una indicación bastante segura sobre el estado de maduración de una viscosa.

## TERCERA PARTE

### ESTUDIO ROENTGENOGRÁFICO DE LA ORIENTACIÓN DE LAS CRISTALITAS EN FIBRAS QUE HAN SUFRIDO DIVERSOS ESTIRAMIENTOS Y EXPOSICIÓN COMPARATIVA DE SUS VALORES TEXTILES (PROPIEDADES FÍSICAS).

Ya hemos expuesto anteriormente en otra parte (37) el conjunto de teorías existentes sobre la constitución de la celulosa, disposición y tamaño de sus moléculas en la fibra. Según Naegeli, la celulosa está formada por "micelas", indivisibles en moléculas más pequeñas y que son las que determinan la naturaleza coloidal de las disoluciones de aquélla. El concepto de micela ha sido posteriormente ampliado y perfeccionado por muchos investigadores, como Fray Wyssling, Hess, Meyer, Mark, etc., aplicándose a las unidades cristalinas y supermoleculares constituidas por un conjunto de haces de cadenas ordenadas y dispuestas paralelamente; las fuerzas que mantienen unidas a las cadenas de valencias principales, pueden designarse como fuerzas micelares (38). Mark admite que la cristalita o partícula está formada por unas 40-60 cadenas, cada una de las cuales comprende 30-50 restos glucosados. Una teoría algo distinta de la micelar expuesta es la "macromolecular", defendida por Staudinger y colaboradores, quienes fundándose en las medidas viscosimétricas de disoluciones diluidas de celulosa y otros compuestos de elevado peso molecular, indican que la forma en que se encuentra la molécula de celulosa en solución no es esférica, sino alargada, como una cadena estirada, presentando en las reacciones un comportamiento idéntico al que muestran las substancias de peso molecular reducido. A Staudinger y Jurisch (39) se debe una explicación sobre la forma distributiva que presentan las cristalitas o haces de cadenas principales en la fibra; las cristalitas son recintos ordenados, entre los cuales existe una serie de espacios vacíos o recintos intermicelares que, según Kratky (40), están llenos de estructuras ultracristalinas, que no se ponen de manifiesto por los rayos X (son conjunto de moléculas de celulosa aisladas, dispuestas desordenadamente). Según aquellos autores, al estirar una fibra se aumenta la ordenación de las cristalitas paralelamente al eje de aquélla, más en la capa exterior que en las interiores, dependiendo de esta ordenación (y del tamaño de las moléculas) las propiedades resistentes de la fibra.

En el hilado de la viscosa se la hace atravesar unos orificios finísimos (de 60 a 70 micras de diámetro) hechos en una plaqüita metálica introducida en un baño de coagulación, en el cual toma el delgado hilo forma plástica. Si se deja entrar la viscosa en el baño sin estirar el hilo resultante, se tiene un conjunto irregular y rizado, que no tiene resistencia alguna y que estudiado por rayos X por el método de Deybe-Scherrer, presenta la misma estructura anular que los polvos metálicos. El producto es elástico, de muy pequeña resistencia y en este estado amorfó hemos de suponer que poseen las moléculas casi la misma disposición que tenían en solución; con la coagulación en esta forma no se tiene más que una fijación de la situación de las moléculas unas respecto a otras, es decir, de su distancia relativa quedando constante la energía potencial del sistema. En la coagulación sin estiramiento alguno forman las cadenas de

valencias principales ovillos desordenados, presentando una gran plasticidad y elasticidad. Si durante la coagulación se estira la fibra, las cadenas adquieren una cierta orientación, desaparecen una gran parte de las propiedades elásticas creciendo las fuerzas intermoleculares. Para poder aprovechar la fibra, se recoge ésta, una vez ha salido de la tobera de hilado, por un dispositivo de devanadoras y cilindros a las cuales se arrolla una o más vueltas y que llevan distinta velocidad, lo que hace que la fibra sufra entre ellas un estiramiento, regulable a voluntad. El dispositivo ge-

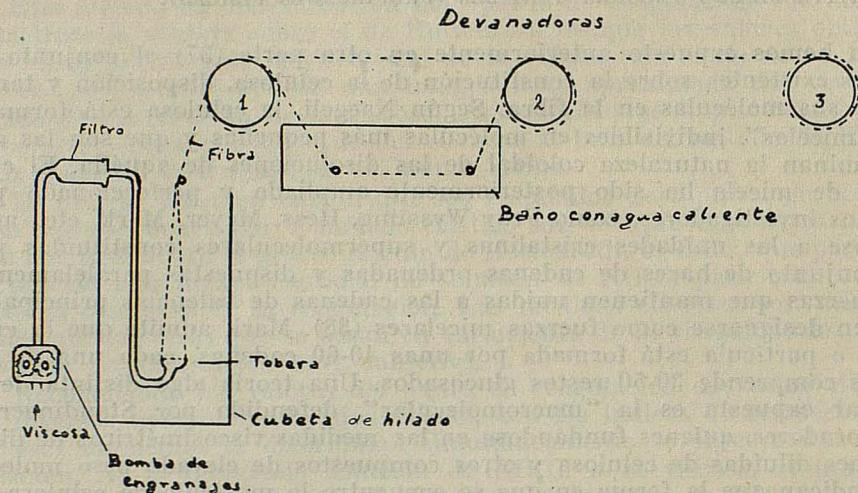


FIG. 13

neral de hilado y estiramiento es el que damos en la fig. 13 y consta de un baño en el que se introduce la tobera de hilado y de tres devanadoras o cilindros 1, 2 y 3, entre los cuales la fibra, aún plástica, se estira. La viscosa sale por los orificios de aquélla y cuyo volumen sea el de la viscosa que por ellos ha pasado en la unidad de tiempo:

$$\text{Velocidad/minuto} = \frac{\text{Volumen viscosa/minuto}}{\text{N.º orificios} \times \text{sección de un orificio}} \quad (1)$$

La devanadora 1 ha de girar a una velocidad mayor (3 ó 3,5 veces mayor) que la de salida (1), haciendo sufrir a la fibra ya un primer estiramiento que es igual a la relación de las velocidades; aquél ha de existir siempre para que la fibra posea una cierta resistencia y depende de una serie de factores, como son: la cantidad que sale de viscosa por minuto, el diámetro de los orificios, la concentración en celulosa de la viscosa y la composición del baño de hilado. Influye también mucho en este primer estiramiento, la tendencia a encogerse que muestra la fibra por el hecho de encontrarse en baños ácidos con sales metálicas. Matthaes (41) ha estudiado la influencia de diversas sales sobre ese encogimiento y encuentra que éste disminuye en la relación:



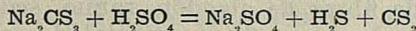
También un aumento de concentración del ácido del baño de 10 al 20 % hace descender débilmente el encogimiento; entre 20-40 % permanece cons-

tante y para 55 % desciende rápidamente hasta llegar a 70 %, en cuyo momento aparece un alargamiento de la fibra.

Sólo el estiramiento normal entre tobera y devanadera 1 ya hoy día no se efectúa, ya que la tendencia es conseguir fibras que presenten un máximo de propiedades resistentes, sino que únicamente se aplica en casos de excepción.

Ahora bien, cuando los órganos 2 y 3 giran con velocidad creciente y mayor que la de la devanadera 1, se somete la fibra a un nuevo estiramiento, ya en estado sólido, o más bien plástico, con lo cual se consigue una mayor orientación de los haces de macromoléculas, con la consiguiente disminución de los espacios intermedios desordenados. Pero no todas las fibras pueden someterse a este estiramiento, sino sólo aquéllas que después del hilado normal (con estiramiento sólo entre la tobera y la devanadora 1) poseen un "gran estiramiento de rotura" o absoluto (42) y que, además se han hilado con baños retardadores de la coagulación (con un elevado porcentaje en sales de zinc o de magnesio).

Entre 1 y 2 puede estirarse la fibra al aire o bien introduciéndola en una cubeta conteniendo baño de hilado o agua caliente, ya durante todo su trayecto o bien sólo en un pequeño trozo de aquél; con esto se obtiene una descomposición completa del xantato y destrucción del tritiocarbonato que se ha formado en la xantogenación y durante el proceso de la maduración. Este, con el ácido sulfúrico de  $H_2S$  y  $CS_2$ , según la ecuación:



Pero, no solamente se tienen estos productos, sino que, provenientes de otras reacciones resultan tiosulfatos, sulfuros, sulfitos, etc., que en el baño ácido se descomponen finalmente con desprendimiento de  $H_2S$ ,  $SO_2$ , y quedando en libertad cantidades grandes de azufre molecular.

J. Lobering (43) estudia detenidamente la coagulación y admite la existencia de dos fases: 1.) Estado sumamente elástico, con propiedades plásticas parciales y en el que son factibles todas las posibilidades de estiramiento; al proseguir la coagulación van desapareciendo las propiedades elásticas, hasta alcanzar un estado final que muestra una elasticidad casi equiparable a la final de la fibra. Es el estado elástico sólido. 2.) Orientación de las cadenas de valencias principales, ocasionada por una corriente del baño de precipitación o por un estiramiento de la fibra.

La coagulación empieza por la parte exterior de la fibra, que es la que está más en contacto con el baño de hilado y va progresando hacia el interior, cada vez más lentamente y a causa del endurecimiento de aquella capa exterior y de la mayor dificultad existente para la difusión del baño coagulante. La ordenación de las cristalitas en las diversas capas de la fibra es comparable a la caída de velocidad que sufren las capas de un líquido que pasa por un capilar; aquélla es:

$$\frac{dv}{dr} = \frac{r \cdot P}{2 \cdot l \cdot \eta} \quad (a)$$

siendo

$r$  = radio de una capa.

$l$  = longitud del capilar.

$P$  = presión a que está sometido el líquido.

$\eta$  = coeficiente de viscosidad del líquido.

La velocidad de las capas exteriores es nula y va aumentando a medida que nos aproximamos al centro; su valor se obtiene por integración de (a).

$$= \int_r^R \frac{r \cdot P}{2 l \eta} dr = \frac{P}{4 l \eta} (R^2 - r^2)$$

donde

$R$  = radio del tubo capilar.

Cuando se tiene una partícula sólida alargada (cristalita de celulosa) colocada en esa corriente normalmente el eje del capilar, de forma que sus extremos caigan en capas de diferente radio, como las velocidades de ésta son distintas y mayor para la más interna, serán aquellos arrastrados longitudes desiguales (más el extremo interior que el exterior) y el resultado es que la partícula se orienta; como la diferencia de velocidad es siempre mayor en el borde o capa externa, resulta que es aquí donde tendremos la máxima orientación.

También el mismo Lobering (44) estudia la influencia que tiene la primera materia (clase de celulosa) empleada en la obtención de la fibra sobre sus propiedades físicas, así como la clase de viscosa y da unos diagramas de rayos X de fibras de algodón, ramio, seda artificial hecha con celulosa de linters de algodón y fibra artificial de celulosa de madera. Los tres primeros diagramas son claros y borrosos los otros dos; según Lobering, aunque las fibras artificiales tengan grandes diferencias en sus propiedades resistentes, no puede apenas apreciarse variación en los roentgenogramas y hasta encuentra un diagrama de seda hecha con linters que muestra una mejor organización que los de la fibra artificial corriente, si bien presentan éstas propiedades mejores que las de aquélla. Nosotros, por los resultados obtenidos, no podemos mostrarnos muy de acuerdo con las deducciones que de la anterior disposición puedan sacarse y vamos a ver cómo el estiramiento de una fibra durante el hilado influye en su diagrama de rayos X y en sus propiedades textiles.

Damos la Tabla expuesta por Lobering en su referencia, con la cual quiere hacer ver que no se puede influenciar la formación de la fibra en el sentido deseado, sino que hay que tender a obtener la viscosa según el procedimiento que nos la proporcione en mejores condiciones y después hilar dicha viscosa por el método que más convenga.

Fibra	Orientación	Tituto den.	Estiramiento		Resistencia		Res. de nudo RKm.
			RKm. seco	RKm. húmedo	% seco	% húmedo	
Ramio .....	Buena	4,86	51,3	61,2	6,0	7,0	—
Algodón .....	"	1,95	38,2	41,8	12,6	16,3	—
Seda de Linters .....	"	1,84	17,1	9,8	18,2	18,8	12,7
Fib. art. normal .....	Media	1,53	20,1	11,0	19,3	23,2	13,9
Fib. art. cal. cap. .....	"	2,24	29,6	19,7	20,8	27,3	17,4

La tendencia de todo aquel que se ocupa con esta rama de la investigación industrial es el obtener siempre fibras de resistencia y propiedades que superen a las artificiales ya existentes y aun a las naturales, si ello es posible. En esto no es sólo fundamental el estiramiento de la fibra, con lo que ya hemos dicho se consigue una mayor ordenación de las macromoléculas según el eje de aquélla, sino que crece la resistencia con el grado de polimerización de la celulosa, es decir, con el tamaño de las macromoléculas que forman las cristalitas.

Sería por tanto conveniente, el hilar viscosas hechas con álcalicelulosas poco maduras, o sea, de elevado peso molecular, pero esas viscosas presentarían una viscosidad muy elevada que impediría se les pudiese trabajar bien, y si se disminuye mucho la concentración de celulosa para que resulte una baja viscosidad, entonces las garantías económicas del proceso son escasas.

Es preciso buscar una relación entre el grado de polimerización, la viscosidad de la solución a hilar y la resistencia de la fibra, tal como indica Staudinger (45). Como el grado de polimerización de las fibras naturales de unos 3.000 y el de las artificiales se baja por premaduración de la álcalicelulosa hasta 250-400, no podemos establecer una dependencia absoluta entre el grado de polimerización de una fibra y su validez de empleo.

El mismo Saúdinger (46), por oxidación con  $H_2O_2$  de fibras de ramio, va obteniendo productos de grado de polimerización cada vez más pequeño y encuentra que hasta llegar a un valor 800 de éste, apenas hay disminución en la resistencia de la fibra, pero que después ya baja mucho aquélla y que para un grado de polimerización de 200-250, ya la fibra no posee propiedades resistentes. Como vemos, esto no sucede en las fibras artificiales de idéntico grado de polimerización, de modo que podemos deducir, sin dejar lugar a duda, que la resistencia de las fibras depende también de la ordenación de las macromoléculas en aquéllas y de la composición de las mezclas de polímeros que las forman.

#### PARTE EXPERIMENTAL

Estudiando los diagramas de rayos X de las fibras, se observa que, al aumentar la orientación de las cristalitas o micelas, disminuyen las intensidades en los polos de los círculos de los diagramas, aumentando las intensidades en el ecuador. De esta forma van teniéndose segmentos ecuatoriales que presentan una anchura ecuatorial variable. Del tamaño de estos segmentos podemos sacar una deducción cuantitativa sobre la intensidad de la ordenación, que no viene a ser otra cosa que una medida de la orientación de las moléculas. En el caso en que ésta sea muy grande, como en las fibras naturales ramio y algodón, los segmentos de interferencia se resumen en puntos; son éstos, en los diagramas de Debye-Scherrer, la característica esencial de una estructura cristalina ordenada.

Por el contrario, cuando las cristalitas están completamente desordenadas, como sucede en el polvo cristalino, resultan las interferencias anulares.

Para la fijación del ángulo azimutal  $\alpha$  no disponemos de unos segmentos con bordes completamente definidos, sino que las partes más intensas van resolviéndose, sin solución de continuidad, en otras más débiles; por esto, es la fijación de dicho límite una cuestión bastante subjetiva (Fig. 14), pero que, sin embargo, sirve para el fin que nos hemos propuesto.

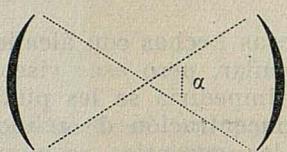


FIG. 14

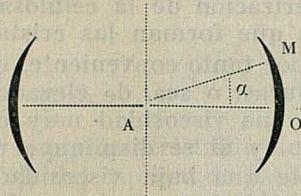


FIG. 15

En otros casos, se define la intensidad de los diagramas de rayos X por el ángulo  $\alpha$  que forma la recta AO (Fig. 15) con la que pasa por el punto  $M$ , cuya intensidad es igual a la mitad de la que presenta el punto  $O$ .

$$i_m = \frac{1}{2} i_o$$

pero, por falta de un fotómetro adecuado, nos hemos visto precisados a seguir el primer procedimiento.

No se ha tenido para nada en cuenta la substancia amorfa que, según Herzog (47), denotan los rayos X y que queda entre las cristalitas como cemento de unión, teniendo una gran importancia por el papel que juega en los fenómenos de resistencia e hinchamiento, así como en los procesos de transformación.

El estudio que hemos hecho no es otra cosa que el tratar de ver la influencia de diversos estiramientos sobre la estructura fina de la fibra, refiriéndonos a tipos de fibras obtenidas a partir de distintas clases de celulosas (pino, haya, pino silvestre, paja, etc.) por el procedimiento viscosa y comparándolas con otras obtenidas por otros procedimientos.

Teniendo a la vista una serie de fotografías o diagramas como los que damos a continuación, se puede deducir con probabilidades de seguridad el grado de estiramiento a que fué sometida una fibra desconocida y de la cual hayamos obtenido su diagrama roentgenográfico.

Los tipos de fibras estudiados son todos ellos de fabricación alemana y se encontraban en el mercado en estos últimos años.

Es digno de tenerse en cuenta el hecho de que las fibras al acetato dan unos diagramas que indican una desorientación absoluta de las cristalitas.

Los valores del ángulo  $\alpha$  para algunas fibras son los que damos a continuación (Fig. 16 a 22).

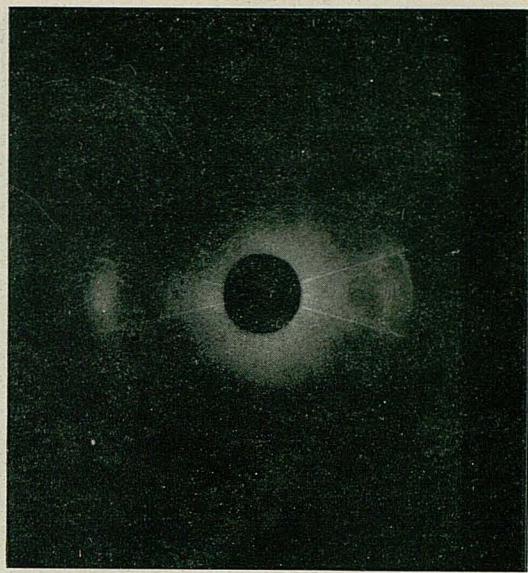


FIG. 16

Fibra DURAFLOX  
Orientación muy fuerte

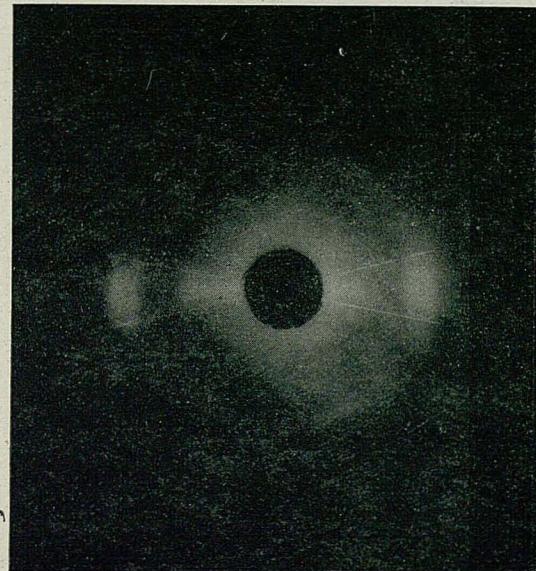


FIG. 17

Fibra de celulosa de pino silvestre  
Orientación muy fuerte. — Tipo algodón



FIG. 18

Fibra de celulosa de pino silvestre  
Orientación media. — Tipo algodón



FIG. 19

Fibra de celulosa de pino silvestre  
Orientación media. — Tipo lana

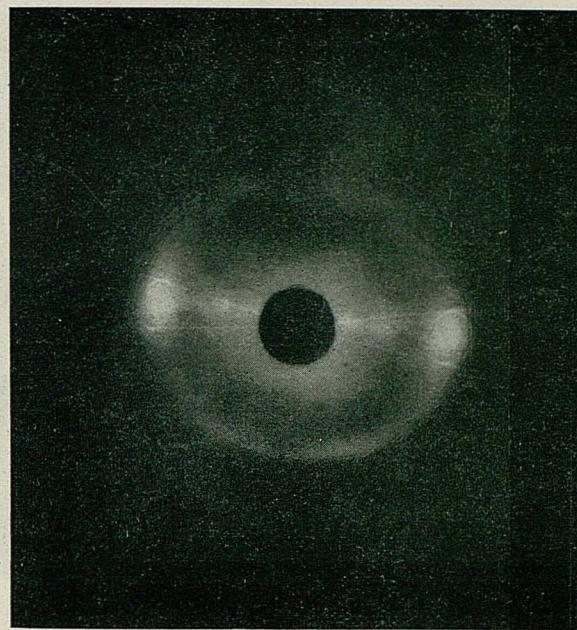


FIG. 20  
Fibra VISTRA HB — Orientación media

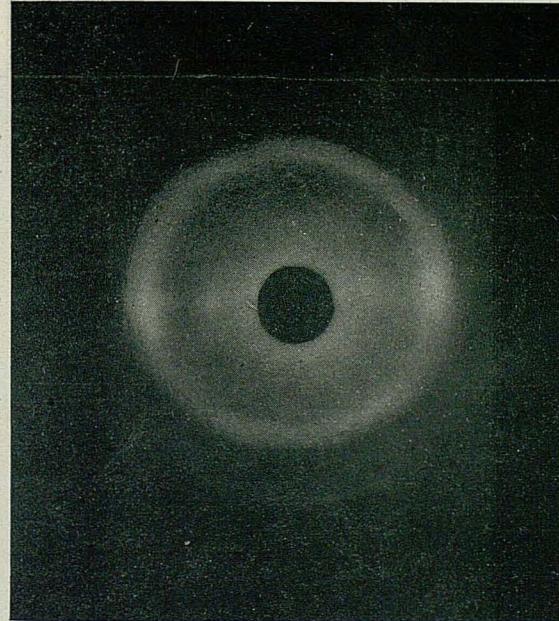


FIG. 21  
Fibra VISTRA HT — Orientación débil

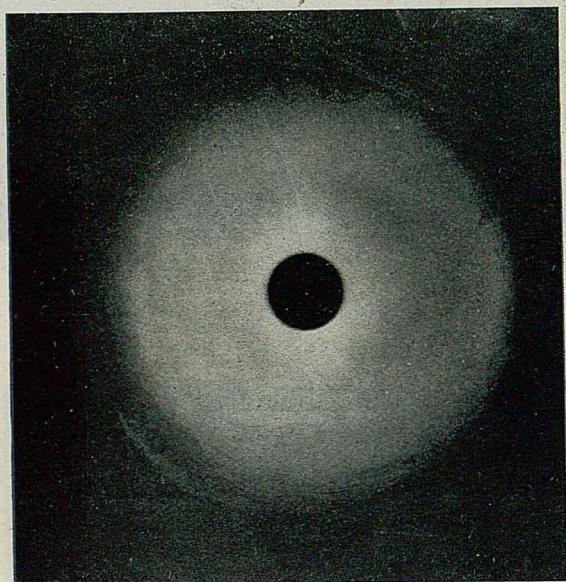


FIG. 22

Fibra al acetato

Orientación nula o muy débil

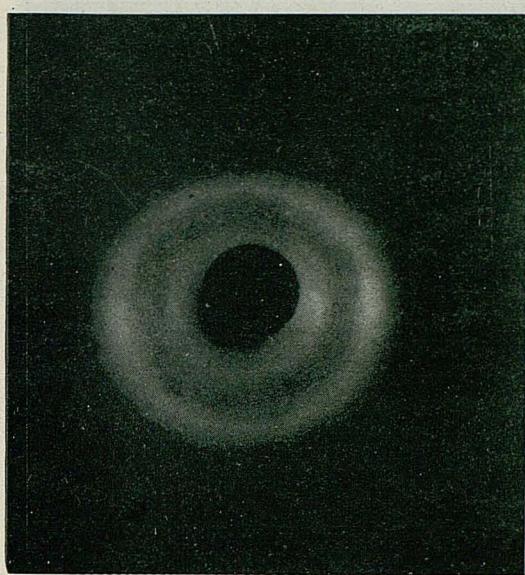


FIG. 23

Fibra con 5 % de estiramiento



FIG. 24

Fibra con 10 % de estiramiento

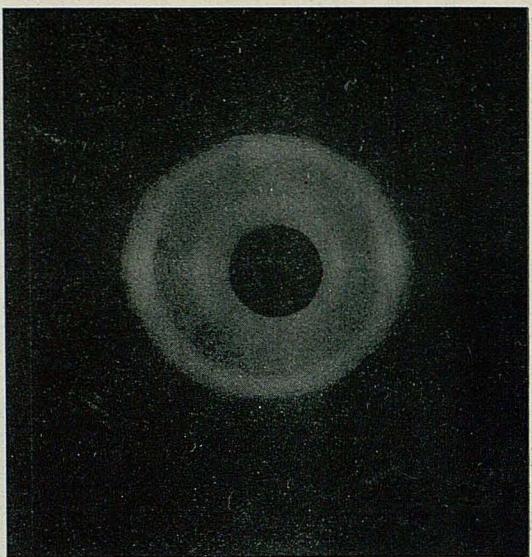


FIG. 25

Fibra con 30 % de estiramiento

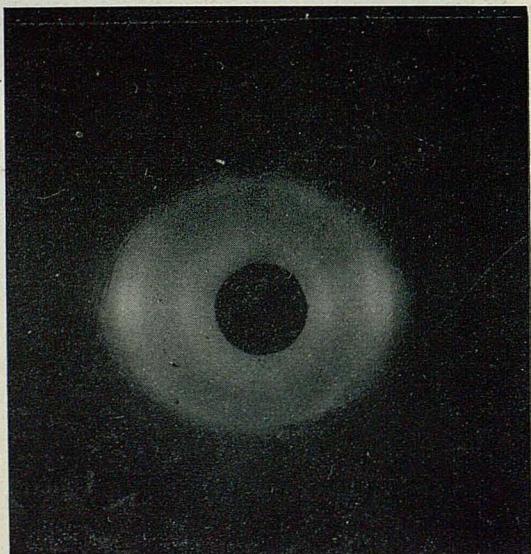


FIG. 26

Fibra con 50 % de estiramiento

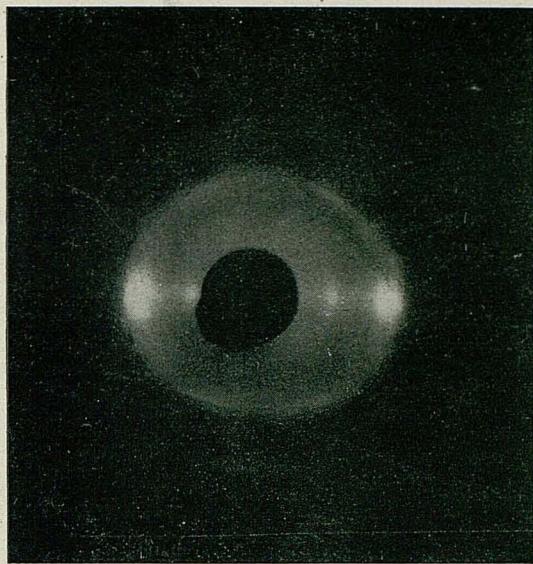


FIG. 27

Fibra con 60 % de estiramiento

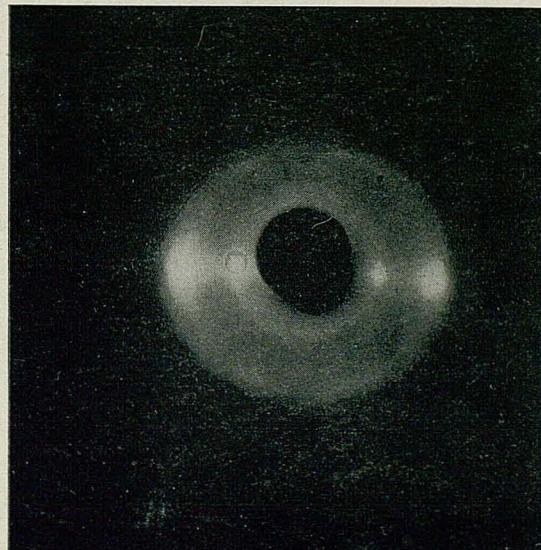


FIG. 28

Fibra con 80 % de estiramiento

TABLA XX

TIPO DE FIBRA	Orientación	ANGULO $\alpha$	
		izquierda	derecha
Phrix BR (pino noruego) t. a. ....	fuerte	28°	22°
" (pino silvestre) t. a. ....	"	26°	24°
" (paja prehidroliz) t. a. ....	"	27°	23°
" KN (pino noruego) t. l. ....	media	34°	35°
Vistra .....	"	31°	24°
" .....	fuerte	22°	20°
Duraflax .....	muy fuerte	18°	18°

*t..a.*, tipo algodón.  
*t. l.*, tipo lana.

En el dispositivo de hilado dado anteriormente se ha sometido a la fibra en el momento de la coagulación, a estiramientos hasta de 80 %, observándose en los diagramas de rayos X la disminución que va experimentando el ángulo  $\alpha$ . Damos a continuación los diagramas de las fibras sometidas a estiramientos de 5, 10, 30, 50, 60 y 80 %, con los resultados siguientes de las medidas de  $\alpha$ :

Estiramiento	Orientación	ANGULO $\alpha$	
		izquierda	derecha
5 %	ninguna	—	—
10 %	"	—	—
30 %	media	30°	26°
50 %	fuerte	22°	28°
60 %	muy fuerte	25°	20°
80 %	" "	23°	18°

Podremos, por tanto, después de hacer los diagramas roentgenográficos de unas fibras, deducir con bastante aproximación el estiramiento a que han sido metidas en el hilado, por medidas de los ángulos alfa en aquel diagrama (esquemas: 23 a 28).

\* \* \*

Seguidamente procedemos a relacionar el grado de estiramiento en el hilado con las propiedades físicas de la fibra resultante.

Primeramente, la *resistencia* crece paralelamente con el estiramiento, es decir, a medida que se consigue una mayor ordenación de los paquetes de macromoléculas en la fibra a lo largo de su eje principal. Esta orientación no sólo depende de la tensión a que se somete la fibra, sino de su grado de plasticidad, es decir, del momento en que se ejecuta, así como de su grado de hinchamiento.

Comparando las fibras en las que la orientación es nula o muy pequeña, con otros productos de grado de orientación grande, resultan diferencias considerables para la resistencia. En la Tabla XXII damos los valores para sedas viscosas, seda al cobre y seda al acetato.

TABLA XXII

F I B R A	Resistencia en gr/den.
Seda visc. no ordenada .....	1,80
" " muy " .....	5,40
" al cobre no " .....	1,71
" al " muy " .....	4,75
" al acet. no " .....	1,30
" al " muy " .....	4,25

Cuando en lugar de operar con fibras en las que interesa exclusivamente su resistencia longitudinal, se trabaja con hojas (de celofán, por ejemplo), se observa que la resistencia en dirección transversal disminuye con el estiramiento.

En la Tabla XXIII damos los resultados de una serie de experiencias. La celulosa con la que se han obtenido las fibras era de pino silvestre.

La álcalicelulosa ha respondido en todos los casos a la composición normal 16-17 % NaOH y 29-30 % de alfacelulosa.

Los números de Hottenroth, viscosidad y proporción molecular son los medidos antes del hilado, es decir, después de la postmaduración de la viscosa.

TABLA XXIII  
ESTIRAMIENTO Y PROPIEDADES FÍSICAS

Experiencia núm.	V I S C O S A				Baño de hielo			Estira- miento %	P R O P I E D A D E S F I S I C A S				Estiramiento seco	%	
	Alfacel. %	Na OH %	N.º de Proporc. Hott.	Molecul.	Viscosid. seg.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> gr/1	ZnSO <sub>4</sub> gr/1	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> gr/1	Titulo den.	Resist. en Km. seco	Resist. en Km. húmedo	Resist. relati- v.	Estiramiento húmedo		
E. 1	8,3	5,2	11,5	2,75	42,6	115,2	8	375,2	10	1,36	16,2	8,9	54,9	39,2	59,1
									30	1,34	19,7	10,5	53,3	23,4	34,8
									60	1,47	24,3	12,4	51,0	20,0	26,8
									90	1,47	26,1	16,2	62,1	18,5	22,3
E. 2	9,1	6,8	—	2,34	39,4	117,6	8	409,6	10	3,30	15,8	8,5	53,8	44,7	78,2
									30	2,92	18,7	10,1	54,0	35,1	63,8
									50	2,31	23,1	13,6	58,9	29,2	41,7
									70	2,15	25,7	15,5	60,3	21,9	34,3
									90	2,83	23,5	14,4	61,3	20,4	34,8
E. 3	7,3	6,0	11,3	2,40	61,7	134,6	5	379,9	10	2,50	13,5	5,9	43,7	43,3	58,1
									30	2,27	16,8	8,0	47,6	43,3	58,1
									60	1,47	22,8	11,6	50,9	14,6	18,5
									90	1,87	21,1	11,4	54,0	17,6	23,6
E. 4	—	—	—	3,10	—	—	—	379,9	30	1,50	14,6	5,7	39,0	23,9	43,6
									60	1,34	14,3	7,6	53,1	18,1	30,1
									90	1,50	19,7	10,6	53,8	13,8	16,8
E. 5	9,15	6,75	39,9	2,34	19,5	117,6	8	408,6	10	3,30	15,8	8,5	53,9	44,7	78,2
									30	2,92	18,7	10,1	54,0	35,1	63,8
									50	2,31	23,1	13,6	58,9	24,2	41,7
									70	2,15	25,7	15,5	60,3	21,9	34,3
									90	1,83	28,2	16,1	51,0	19,0	27,2
E. 6	9,0	7,1	15,5	2,32	29,8	120,5	10	384	10	2,01	16,1	8,2	50,9	45,5	66,7
									30	2,11	20,8	11,7	56,3	31,0	43,0
									60	3,00	20,0	8,2	46,0	25,6	35,3
									90	2,08	21,9	14,1	64,4	21,0	28,2
E. 7	9,3	5,5	16,8	2,07	19,5	114,0	19	373,7	10	3,27	16,4	7,1	43,3	29,8	48,0
									30	3,17	19,2	11,2	57,1	18,7	24,0
									60	3,06	22,5	10,7	47,6	14,3	20,9
									90	2,29	25,4	14,9	58,7	13,2	17,9

Los títulos diferentes (de las fibras), que pueden observarse en algunas experiencias se consiguen variando la velocidad de la bomba de engranajes, que sirve para la impulsión de la viscosa a través de la tobera de hilado. Dentro de una misma experiencia se mantiene invariable dicha velocidad, siendo debidas las variaciones en el título a los distintos estiramientos.

No se han dado estiramientos mayores de un 80 % porque la fibra se rompía casi siempre y también porque generalmente su resistencia sufre una disminución.

El estiramiento se entiende entre la primera devanadora que recoge las fibras a la salida del baño de hilado y, la tercera, en la que se arrolla aquélla. Se considera, por tanto, aparte del otro estiramiento que pueda sufrir la fibra en el interior del baño de coagulación (es esto debido al encogimiento que experimenta la fibra al coagularse).

Entre la segunda y la tercera devanadera se pone una cubeta con agua caliente, a 75-80° C., en la cual se sumerge la fibra en una parte de su recorrido; esta elevada temperatura acelera la descomposición del xantato. La fibra resultante tiene una resistencia un poco mayor que cuando se hila al aire (sin agua caliente durante el estiramiento), por lo que debe adoptarse como norma general durante el hilado al estirar la fibra, sumergiéndola en el momento de su coagulación en un baño de agua caliente, o bien, rociarla continuamente con un chorro de ésta.

En las fibras textiles artificiales disminuye considerablemente la resistencia al humedecerlas, por lo que es de suma importancia la determinación de su resistencia en estado húmedo; con este valor y con el de la resistencia en seco, se determina el de la resistencia relativa en húmedo, que se da en tantos por ciento de la resistencia en seco; la resistencia relativa en húmedo no debe ser inferior a un 50 %, resultando muy aceptables las fibras para las cuales alcanza valores de 56-60 %.

A medida que crece la resistencia, disminuye el *estiramiento* que sufre la fibra en el momento de la rotura, lo mismo en seco que en húmedo, como puede verse claramente en la Tabla anterior.

Este estiramiento en el momento de la rotura va disminuyendo a medida que se orientan las cristalitas en la fibra y sería nula en el momento en que todos los agrupamientos moleculares estuvieran ordenados paralelamente.

Este estiramiento corre paralelo con la *deformación plástica* que experimenta la fibra, siendo ésta menor para aquellas fibras que fueron hiladas con estiramientos grandes. La velocidad de flujo o deslizamiento de una cristalita sobre otras crece al hincharse la fibra, es decir, cuando aumenta el volumen de los espacios intermoleculares por introducción de las moléculas de agua.

También otras propiedades, como el *hinchamiento, solubilidad y reactividad* de las fibras se hallan más o menos influenciadas por el estiramiento con que fueron hiladas en un principio. Todas ellas disminuyen a medida que éste crece y ello es debido a que los espacios intermicelares, al ir desapareciendo o reduciéndose, ofrecen menos facilidades de penetración de moléculas extrañas en el interior de la fibra.

## CONCLUSIONES

### I.—Método para la determinación del índice de filtración.

1.<sup>a</sup> Se ha estudiado experimentalmente la ley de filtración dada en (1), aplicándola al establecimiento de un índice de filtración para las viscosas, consiguiendo determinar éste por un método rápido y seguro, es decir, con carácter analítico-técnico suficiente para poder establecer un juicio sobre la celulosa utilizada como primera materia, o sobre los procedimientos empleados en la preparación de las correspondientes viscosas.

### II.—Relación entre el índice de filtración y las materias primas celulosicas.

2.<sup>a</sup> Se han estudiado diversas celulosas, preparándose las respectivas viscosas según un método tipo. Los valores de  $C_f$  son menores para las celulosas procedentes de coníferas (pino, abeto:  $C_f \sim 20$ ), que para las de frondosas (haya Waldhof.  $C_f \sim 142$ ; haya IG Farben  $C_f \sim 77$ ). Las celulosas de plantas anuales dan índices de filtración mayores (paja de centeno sin prehidrólisis  $C_f \sim 435$ ; ídem con prehidrólisis  $C_f \sim 243$  y 146).

Estos valores son concordantes con las distintas cantidades de impurezas que se encuentran en los residuos de centrifugación de las viscosas respectivas.

3.<sup>a</sup> Para mejorar las condiciones de trabajo con las celulosas con elevado índice de filtración, se ha comprobado la acción beneficiosa de una prehidrólisis con  $\text{SO}_2$ , seguida de una cocción alcalina. Se han establecido las condiciones de trabajo más convenientes, comprobándose la disminución de los índices iniciales que oscilan entre 300 y 435, hasta el valor 90-95.

Ha sido estudiada así mismo la prehidrólisis con  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , obteniéndose un producto final menos aceptable que en el caso anterior.

Desde el punto de vista económico resulta también más conveniente la prehidrólisis con  $\text{SO}_2$  por exigir un menor gasto de álcali y cloro, así como también por permitir un mejor aprovechamiento de los líquidos resultantes de la prehidrólisis (obtención de furfural, levaduras ricas en materias albuminoideas, etc.).

### III.—Relación entre el índice de filtración y las no celulosas.

4.<sup>a</sup> Los índices de filtración de una celulosa se vienen mejorando por un mayor contenido de aquella en alfacelulosa y aumentan para porcentajes grandes de hemicelulosas y, especialmente de cenizas (proporción mayor de 0, 3 %), en la misma.

IV. — Relación entre  $C_f$  y la preparación de la viscosa.

5.<sup>a</sup> En el proceso de fabricación de la viscosa influyen los siguientes factores sobre el índice de filtración y en la forma que a continuación exponemos:

a) Una concentración creciente de NaOH en la lejía de mercerización hace que descienda el valor de  $C_f$  hasta llegar a una concentración de 240 gr/l. de NaOH en dicha lejía.

b) Una mayor temperatura de mercerización hasta llegar a 25° C., hace que los valores de  $C_f$  sean decrecientes. Ello es debido a acciones de hidrólisis que aumentan en intensidad con la temperatura. La ácalicelulosa mercerizada a temperaturas más altas de xantogenatos más solubles.

c) Una concentración superior a 20 gr/1 de hemicelulosas en la lejía de mercerización, influye elevando el índice de filtración; también aumenta la viscosidad de la viscosa. Consecuentemente, no conviene que la proporción de hemicelulosas en la lejía de mercerización sea superior a 16-18 gr/1.

d) Un factor que posee gran influencia sobre la filtración de la viscosa, es el grado de trituración de la ácalicelulosa. Un desmenuzamiento insuficiente hace que queden muchas fibras sin xantogenar o que lo sean sólo incompletamente, constituyendo éstas entonces un poderoso agente de taponamiento de filtros.

e) Con menos de 30 % de CS<sub>2</sub> en la xantogenación, no se tienen viscosas de propiedades filtrantes aceptables: empleando un 40 % de CS<sub>2</sub>, resultan valores para  $C_f$  que son unas 2,5 veces menores que cuando se xantogenan con 30 % de aquél.

f) No es conveniente emplear lejías de disolución del xantato que contengan más de 15 % de hemicelulosas, ya que, en caso contrario, las viscosas que resultan filtran mal.

g) Es garantía de una buena filtración el emplear viscosas que contengan, por lo menos, un 7 % de NaOH.

h) Analizadas las cenizas de numerosas viscosas, resulta que hay que achacar muchas veces una filtración defectuosa al silicato cálcico que aquéllas contienen. En éste, procede el calcio de la celulosa y el silicio del agua y de la sosa.

i) Analizada la influencia que sobre el índice de filtración de la viscosa posee el esfuerzo sódico que acompaña a la NaOH en la cocción alcalina al sulfato de las materias celulósicas, observamos una disminución de  $C_f$  en un 30 % a medida que la concentración de aquél se eleva de 5,8 a 11 % del álcali total.

V. — Factores influyentes en la maduración de la viscosa.

6.<sup>a</sup> Examinadas las reacciones que pueden tener lugar durante la maduración de la viscosa preparada según las indicaciones anteriores, se observa que, con la adición de NaOH a aquélla, se consigue una mayor estabilización. Estudiando el transcurso de la maduración con el tiempo, se tiene en un principio un aumento, seguido de un brusco descenso del grado de Hottenroth; la curva va perdiendo inclinación paulatinamente, hasta hacerse casi paralela al eje de los tiempos.

La viscosa que acaba de prepararse, se encuentra en un estado de dispersión creciente, por lo cual se necesita en un principio un número cada vez mayor de cc. de solución de  $\text{NC}_4\text{Cl}$  para llegar a la coagulación. Pasadas unas 10-15 horas, se alcanza la dispersión máxima y en este momento puede decirse que comienza la verdadera maduración; transcurrido este tiempo, van teniendo lugar las reacciones de desdoblamiento del xantato, al desplazarse hacia la izquierda la reacción (1) (página 76).

7.<sup>a</sup> A medida que transcurre la maduración, el álcali libre va aumentando progresivamente, siguiendo casi una línea recta. Paralelamente con este aumento del álcali libre se tiene una disminución de la NaOH libre, siguiendo también una línea recta aproximadamente; ello es debido a que ésta va reaccionando, combinándose con el  $\text{CSSNa}(\text{OH})$  procedente de la saponificación del xantogenato de celulosa, para dar tritiocarbonato sódico y, a veces, sulfuro sódico.

La disminución de la celulosa xantogenada es casi lineal durante la maduración; la determinación de este factor, así como el de la NaOH libre, nos permite establecer un juicio bastante exacto sobre la marcha de la maduración.

8.<sup>a</sup> Añadiendo cantidades variables de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  a la lejía de disolución del xantato, se tiene para la viscosa valores menores de la viscosidad y mayores para el grado de maduración que cuando se prepara la viscosa sin adición de aquél, es decir, que el sulfito sódico tiene la propiedad de retardar la maduración. Para una adición de 0,35 % de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (respecto a alfacelulosa), se tiene casi el aumento máximo del grado de Hottenroth. Para una adición de un 1 % de sulfito sódico, apenas se tienen diferencias apreciables con las anteriores.

La disminución considerable que experimenta la viscosidad al añadir sulfito sódico es probablemente debida a que la oxidación del sulfito cataliza positivamente, o provoca, la de la celulosa.

#### VI.—Aplicación de un método elástico a la determinación del punto de coagulación de la viscosa. Relación entre éste y el índice de refracción.

9.<sup>a</sup> No se encuentra una relación apreciable entre el índice de refracción de la viscosa y el número de Hottenroth.

Se ha estudiado teórica y experimentalmente un nuevo método elástico, que nos permite conocer el momento verdadero de la coagulación. El fundamento de este método es la variación que experimenta el tiempo de oscilación de un sistema elástico, que se halla introducido dentro de la viscosa, cuando en ésta aparece la fase sólida.

Determinado el momento de coagulación de la viscosa por el método elástico y relacionándolo con el índice de refracción de aquélla, resulta que, al ir agregando solución de cloruro amónico a la viscosa, el índice de refracción disminuye, llega un momento en que permanece constante, para volver a ascender en las viscosas poco maduras o para descender bruscamente en las viscosas muy maduras. El valor para el cual el índice de refracción comienza a permanecer constante coincide con el punto de coagulación de la viscosa, determinado por el procedimiento elástico.

VII. — *Diagramas roentgenográficos de fibras.*

10.<sup>a</sup> Se estudia la orientación de las cristalitas en las fibras procedentes de hilar las viscosas anteriores, midiendo la intensidad ecuatorial de los círculos en los diagramas de rayos X que con aquéllas se obtienen. Se dan una serie de diagramas de fibras de diversas procedencias. Las fibras al acetato presentan la particularidad de no poseer una orientación aparente de sus cristalitas.

VIII. — *Diagramas roentgenográficos con diversos estiramientos.*

11.<sup>a</sup> Hiladas las fibras con diferentes estiramientos durante la coagulación y examinando después los diagramas de rayos X respectivos, se observa lo siguiente:

Para estiramientos entre 5-10 % entre devanadoras, no se tiene una orientación apreciable de las cristalitas en la fibra.

Para un 30 % la orientación es media (ángulo  $\alpha = 30^\circ$ ).

Para un 50 %, la orientación es fuerte (ángulo  $\alpha = 28^\circ$ ).

Para estiramientos de 80-90 %, la orientación es muy fuerte (ángulo  $\alpha = 18-23^\circ$ ).

Todos estos diagramas pueden servir como tipos comparativos para conocer con bastante aproximación con qué estiramiento fué hilada una fibra, cuyo diagrama roentgenográfico comparamos con aquéllos.

IX. — *Relación entre el estiramiento y las propiedades físicas de las fibras.*

12.<sup>a</sup> Relacionadas las propiedades físicas de las fibras con el estiramiento, resulta que la resistencia ofrece paralelamente con aquél. Cuando la fibra que se hila se introduce en agua caliente (a 75-80° C.) y simultáneamente se estira, se consiguen valores mayores para la resistencia que cuando se estira aquélla al aire.

La resistencia relativa en húmedo crece también con el estiramiento, aproximadamente un 80 % al variar éste de 10 a 90 %.

El aumento de la resistencia y la mayor ordenación de las cristalitas en la fibra lleva aparejadas consigo una disminución del estiramiento de rotura en seco y en húmedo.

X. — *Las hemicelulosas y las propiedades físicas de las fibras.*

13.<sup>a</sup> Estudiada la influencia que tienen las hemicelulosas contenidas en la lejía de mercerización sobre las propiedades físicas de las fibras, se aprecia un ligero aumento del estiramiento y de la solubilidad alcalina, para concentraciones superiores a 18 gr/1 de hemicelulosas.

Zaragoza - Febrero - 1946.

Instituto "ALONSO BARBA". Sección de Zaragoza

*Laboratorios de Ensayos Industriales.*

Estos trabajos fueron iniciados en los Laboratorios de Investigación del Grupo PHRIX, en Hirschberg/Rsgb. Alemania, dándoles fin en el Laboratorio de Química Técnica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

Quiero desde aquí manifestar mi agradecimiento sincero a todos los Maestros, de quienes recibí enseñanzas, ayuda y consejo, especialmente para el Prof. D. M. Tomeo Lacrué, bajo cuyo padrinazgo pude presentar esta Memoria, para el Prof. D. J Cabrera Felipe, quien en todo momento se interesó grandemente por mis trabajos, animándome en ellos, y para los Dres. W Paul, E. Gärner, Fr. D. Döderlein e Ing. E. Kühnel, con quienes principalmente pude iniciarme en el estudio de las cuestiones que acabamos de exponer.

No puedo menos de mostrar mi reconocimiento, además, a la Sociedad F. E. F. A. S. A. (Fabricación Española de Fibras Textiles Artificiales S. A.), cuya ayuda económica me permitió efectuar durante dos años estos trabajos en Alemania, y a la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, en la que siempre encontré toda clase de facilidades para su continuación.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) H. HERMANS y H. L. BREDÉE, Rec. trav. chim. 54, 680, 1935.
- (2) E. KÜHNEL, Jentgens Kunsts. und Zellw, 22, 346, 1940.
- (3) J. JURISCH, Kunstseide und Zellw, 22, 346, 1940.
- (4) E. BLANCHARD, Ion. II, Núm. 11, 435, 1942.
- (5) E. BLANCHARD, Anales Fís. y Quím. 363-364, 103, 1942.
- (6) SAKURADA y HUTINO, Kolloid Z. 77, 346, 1936.
- (7) SPONSKER y DORE, Coll. Symp. Mon. 4, 198, 1926.
- (8) FREY-WYSSLING, Stoffausscheidung, pág. 110.
- (9) VIEWIG, Ber. d. chem. Ges. 40, 3.876, 1907.
- (10) SCHWARZKOPF, Z. Elektrochemie, 38, 353, 1932.
- (11) K. HESS, Angew. Chem. 50, 651, 1937.
- (12) J. R. KATZ, Cellulosechemie, 20, 1937.
- (13) LOTTERMOSER y RADESTOCK, Z. angew. Chem. 40, 1.510, 1927.
- (14) LOTTERMOSER, Kunstseide. und Zellwo, 21, 42, 1939.
- (15) Y. INOUE, Cell. Ind. Japan, 15, 89, 1939.
- (16) S. MONDEN y K. ISHIKAWA, Journ. Soc. Chem, Ind, Japan, 39, 374, 1936,
- (17) E. KÜHNEL, Jentgens Kunsts. und Zellw. 23, 240, 1941.
- (18) H SOYER, Rev. univ. Soie Text. artif. 10, 499, 1935.
- (19) J. BOEGLIN, Kunstseide und Zellw. 19, 238, 1937.
- (20) PACKSCHWER y BUNIN, Kunstseide, 15, 74, 1943.
- (21) K. HESS, E. STEURER y H. FROMM, Kolloid Z. 98, 148, 1942.
- (22) SCHRAMEK y ZEHMISCH, Kolloid Beih. 48, 100, 1938.
- (23) BERNHARDT, Kuntseide, 8, 173, 1926.
- (24) ECKERT y HAUAN, Klepzigs Textil Z. 41, 205, 1938.
- (25) P. C. SCHERER y L. C. IKENBERRY, Rayon Textil Monthly, 21, 529, 1940.
- (26) H. STAUDINGER y C. DAUMILLER, Ber, d. chem. Ges. 71, 1.995, 1938.
- (27) RASSOW y ACHNELT, Cellulosechemie, 11, 169, 1929.
- (28) H. STAUDINGER y E. TROMSDORF, A. 502, 201, 1932:
- (29) L. MIRLAS, Kunstseide, 17, 348, 1935.
- (30) LOTTERMOSER y WULTSCH, Kolloid Z. 83, 180, 1938.
- (31) J. D'ANS y A. JÄGER, Cellulosechemie, 16, 22, 29, 1935.
- (32) H. SHOJINO e I. SAKURADA, Journ. Soc. Chem, Ind, Japan, 38, 148, 1935,
- (33) S. M. RISSOW, Arb. Leningrader Technel. Chem. Rote Fahne Inst. 10, 103, 1941.
- (34) S. MONDEN y colaboradores, Jorun. Soc. Chem, Ind, Japan 39, 467, 1936,
- (35) K. SEKI y colaboradores, Journ. Soc. Chem. Ind. Japan, 40, 382, 1937.
- (36) FINK, STAHN y MATTHES, Angew. Chem. 47, 62, 1934.
- (37) E. BLANCHARD, Ion, III, N.<sup>o</sup> 21, 185, 1943.
- (38) K. H. MEYER, Z, Angew. Chem. 41, 935, 1928.
- (39) H. STAUNDINGER y J. JURISCH, Mellands Textilber, 20 cuad. 10, 1939.
- (40) KRATKY, Kolloid Z. 80, 144, 1937.
- (41) MATTHAES, Kunstseide, 18, 334, 1937.
- (42) E. BLANCHARD, Ion, IV, núm. 31, 79, 1944.
- (43) J. LOBERING, Papierfabr, 37, 9, 1939.
- (44) J. LOBERING, Mellands Textilber, 22, 245, 1941.
- (45) H. STAUNDINGER y FR. REINECKE, Kunstseide u. Zellw, 21, 280, 1939.
- (46) H. STAUNDINGER y FR. REINGOKE, Kunstseide v. Zellw, 21, 280, 1939.
- (47) HERZOOG, Ber. d. Chem. Ges, 58, 1.254, 1925.

# PREPARACION DE AUROTIOSULFATOS Y ESTRUCTURA CRISTALINA DEL SODIO

por JOSE MIGUEL GAMBOA LOYARTE

DOCTOR EN CIENCIAS QUIMICAS

## I

### INTRODUCCION

Desde que Mollgaard en 1924 utilizó el aurotiosulfato sódico bishidratado con el nombre de "sanocrisina", para el tratamiento de la tuberculosis, se han hecho innumerables trabajos referentes a sus aplicaciones terapéuticas, pero en cambio la bibliografía respecto a su preparación y propiedades físicas y químicas es escasa.

La protección por patentes de los principales métodos de preparación hace que, por lo menos con la bibliografía a nuestro alcance, no se sepa de ellos más que el fundamento, careciéndose de todo detalle operatorio, por lo que se fracasa al intentar dicha preparación sin más conocimientos.

Si de la sal sódica pasamos a otros aurotiosulfatos, todavía es mayor la deficiencia de conocimientos. A pesar de que se dan métodos generales de preparación de aurotiosulfatos en algunas patentes, la ausencia total de características y propiedades de estas sustancias en la bibliografía nos inclinan a creer se trata más bien de métodos de formación, que permiten afirmar la existencia de dichos compuestos, pero estando todavía lejos de la realidad de su preparación como especies químicas puras y estables.

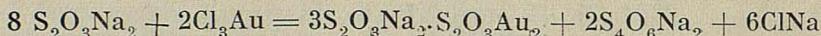
Estas dificultades de preparación nos hicieron pensar que podría tener interés llegar a establecer con exactitud las condiciones de trabajo en la preparación del aurotiosulfato sódico bishidratado  $[Au(S_2O_3)_2] Na_3 \cdot 2H_2O$  y el estudio de su estructura cristalina, como una aportación al esclarecimiento del, por ahora oscuro, capítulo de aurotiosulfatos de la Química Inorgánica.

II

DATOS BIBLIOGRAFICOS

El aurotiosulfato sódico fué preparado por primera vez por M. J. Fordos y A. Gelis (1) añadiendo una solución de, una parte de cloruro de oro trivalente en cincuenta partes de agua sobre otra de tiosulfato de sodio que contiene tres partes de la sal en cincuenta de agua; la reacción se verifica agregando la sal de oro muy lentamente y con agitación constante de manera que el líquido ha de estar incoloro antes de una nueva adición. Un exceso de cloruro de oro precipita sulfuro de oro trivalente. El aurotiosulfato de sodio se precipita mediante alcohol y puede purificarse por recristalizaciones sucesivas con alcohol, de sus soluciones acuosas.

El proceso que tiene lugar se representa por la reacción:

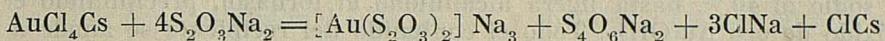


J. A. Mathews y L. L. Watters (2) y A. J. Gelarie y F. R. Greenbaum (3) emplean el mismo procedimiento para la preparación, así como también J. K. Gjalbaek (4); éste observa que cuanto más ácida es la solución tanto más rápida es la reacción, pero simultáneamente se descompone el tiosulfato. Las condiciones más favorables se tienen cuando se añade una cantidad de NaOH suficiente para producir  $\text{AuCl}_4\text{Na}$  y un exceso de unos 0,1 moles. Encuentra también que es conveniente un exceso de tiosulfato del 5 %. Cuando añade una pequeña cantidad de INa la reacción tiene lugar en menos tiempo por acción catalítica que la explica por la formación de ioduro auroso y iodo. Obtiene un rendimiento del 80 %. La patente de "Etablissement Marret, Bonnin, Lebel et Guieu" (5) introduce la pequeña variante de utilizar solución alcohólica en lugar de acuosa de  $\text{Cl}_3\text{Au}$ .

H. Möllgaard (6) hace la preparación por otro método con 90-95 % de rendimiento. Supone que el oro está unido al oxígeno en forma trivalente y que solamente puede prepararse utilizando oro áurico, afirmación que no parece correcta ya que K. L. Mc Cluskey y L. Eichelberger (7) preparan el aurotiosulfato de sodio haciendo reaccionar una solución de tiosulfato de sodio con cloroaurato de cesio  $\text{AuCl}_4\text{Cs}$  o con cloroaurito de sodio  $\text{AuCl}_2\text{Na}$ .

Para preparar el aurotiosulfato de sodio, a una solución de 119,5 grs. (4 equivalentes moleculares más 10 % de exceso) de tiosulfato de sodio  $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en 380 cc. de agua se añaden 51,6 grs. de cloroaurato de cesio  $\text{AuCl}_4\text{Cs}$  en pequeñas porciones y con agitación constante. La reacción tiene lugar inmediatamente dando una solución incolora. No se añade nueva porción hasta que la anterior ha reaccionado completamente; esta adición requiere unos 45 minutos. A la solución filtrada se añaden tres volúmenes de alcohol de 95 % y se recoge un precipitado blanco cristalino de aurotiosulfato de sodio que pesa 51,5 grs. El análisis da un contenido en oro de 33,1 %, lo que representa una pureza del 90 %. Se obtiene una segunda porción de cristales que pesa 15 grs. por adición de dos volúmenes de alcohol de 95 % al filtrado alcohólico. El análisis de esta segunda porción da 24,0 % de oro lo que representa una pureza del 63 %. El producto total recogido respecto al oro empleado representa el 96 %.

Para la purificación del producto, se disuelve en el doble de su peso de agua. Resulta una solución turbia por el azufre coloidal y otras impurezas. Se añade una pequeña cantidad de alcohol hasta que se inicia la precipitación, se filtra y se agregan 3 volúmenes de alcohol, recogiendo el precipitado sobre el filtro. La sustancia se recristaliza de la misma forma, se lava con alcohol y éter y se seca en vacío y en la oscuridad sobre ácido sulfúrico. El proceso que tiene lugar se representa por la reacción:



El análisis lo verifican como sigue:

Una porción pesada (de 0,25 a 0,35 grs.) de la sal se disuelve en agua y a la solución se añaden unos 5 cc. de solución de hidróxido de sodio aproximadamente del 30 % y 5 cc. de perhidrol (30 % de peróxido de hidrógeno). La mezcla se calienta suavemente hasta que el oro coagula. El precipitado se recoge sobre un filtro sin cenizas y se lava primero con agua, después con ácido clorhídrico 1/4 y finalmente con agua hasta que no dé reacción de  $\text{Cl}^-$ . Se incinera el papel de filtro y se pesa el oro. El filtrado se neutraliza y se añaden 0,3 cc. de ácido clorhídrico concentrado por 100 cc. de solución. Se precipita el  $\text{SO}_4^{2-}$  en forma de sulfato de bario  $\text{SO}_4^2-\text{Ba}$ .

Describen el producto como una sustancia cristalina, blanca, muy soluble en agua y de sabor dulce. Algo inestable aunque se le tiene sin descomponer durante meses cuando se conserva bajo éter anhídrico, en la oscuridad, en un refrigerador.

El cloruro de cesio ClCs puede recuperarse por el método de E. H. Archibald y L. T. Hallet (8).

La preparación mediante el aurocloruro  $\text{AuCl}_2\text{Na}$  la realizan como sigue:

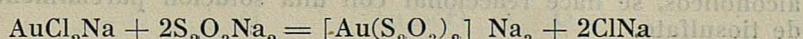
2 cc. de una solución de cloruro de oro (0,0382 grs. de Au por cc.) con un pH aproximado de 6,6 se ponen en un recipiente de 50 cc. y se añaden 3 cc. de una solución de cloruro de sodio 4N. Se agrega desde una bureta, bajo constante agitación, ácido sulfuroso con un equivalente de oxígeno de 0,001125 grs. por cc. hasta obtener una solución incolora; la reacción requiere unos 5 cc. y la solución, de acuerdo con Diemer (9) contiene  $\text{AuCl}_2\text{Na}$ .

Si se reducen pequeñas cantidades de la solución áurica y la mayor parte del ácido se añade rápidamente, evitando a la vez un exceso, se consigue la reducción a la forma aurosa sin que se precipite oro metálico o a lo más pequeñas trazas.

La solución clara de la sal aurosa se agrega poco a poco a 1,04 cc. de una disolución de tiosulfato sódico 0,780 M (2 equivalentes moleculares mas 5 % de exceso) en la cual se ha puesto en suspensión carbonato de bario  $\text{CO}_3\text{Ba}$ . Se hacen 46 preparaciones de este tipo reuniendo las soluciones y separando el sulfato de bario y el exceso de carbonato bárico por filtración.

Se añaden al líquido filtrado 5 o 6 volúmenes de alcohol de 95 % y después que la mezcla ha estado algún tiempo se recoge el aurotiosulfato con un rendimiento de 7,5 grs. Se recristaliza etc. como en el caso anterior.

La reacción que tiene lugar es:



Las propiedades del producto son idénticas a las del preparado por el método de cloroaurato de cesio.

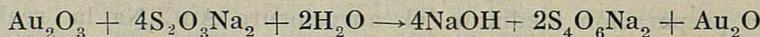
H. Brown (10) recomienda un procedimiento de preparación en el que se evita el empleo del nitrato de cesio, lo que hace sea más ventajoso económico comparado con el anterior. Opera como sigue:

Se hacen reaccionar gota a gota 31,2 grs. (0,1 moles de ácido cloroáurico  $\text{AuCl}_4 \cdot \text{H}_4\text{O}$ ) disueltos en 75 cc. de agua con disolución de hidróxido de sodio al 40 %, hasta ligera alcalinidad al tornasol, precipitando el hidróxido de oro  $\text{Au}(\text{OH})_3$ . Todo el contenido del recipiente se añade a 102 grs. (0,4 moles mas 10 % de exceso) de tiosulfato sódico disueltos en 200 cc. de agua y la mezcla se agita mecánicamente. No parece haber ningún cambio en la suspensión de hidróxido de oro. Después de unos cinco minutos y mientras se agita, se agrega lentamente ácido nítrico 4N desde una bureta, regulando la adición de manera que el color rojo formado al caer una gota desaparezca totalmente o casi por completo antes de añadir una nueva gota. El color rojo se debe probablemente a la formación de la sal sódica del ácido aurico puesto que se observa el mismo color al agregar en frío un álcali fijo a una solución de ácido cloroáurico, antes que el hidróxido de oro precipite. Se necesitan unos 45 cc. de ácido. Después que se ha añadido la mitad todo el hidróxido de oro se ha disuelto.

El fin de la reacción se nota porque el color rojo no se mantiene tanto tiempo; debe tenerse cuidado en evitar un exceso de ácido. En el punto final la solución es casi incolora y neutra al tornasol.

Se continúa la agitación por unos 5 minutos o hasta que aparezca una pequeña turbidez debida al azufre o sulfuro de oro.

Las reacciones que tienen lugar pueden formularse:



Se filtra la solución y se precipita con cuatro volúmenes de alcohol. El precipitado es blanco pero lleva azufre y no es cristalino.

Para purificarlo se disuelve en un mínimo de agua, se separa el azufre por filtración y se cristaliza con 4 volúmenes de alcohol. Este precipitado es cristalino y ordinariamente suficientemente puro. Se le obtiene muy puro repitiendo la recristalización. El producto se recoge en embudo buchner y se seca en la oscuridad en desecador de ácido sulfúrico, al vacío. El polvo blanco finamente cristalino, seco, soluble en dos partes de agua da solución clara y valor teórico para el oro y azufre.

Es innecesario preservar el compuesto bajo éter anhidro como recomiendan McCluskey y Eichelberger. Ha encontrado que la descomposición se retarda mucho guardando sencillamente en frascos topacio bien cerrados y en refrigerador. En ampollas ambar cerradas a presión ligeramente reducida puede guardarse por lo menos tres meses a temperatura ordinaria.

Según E. Keiding (11) y E. Keiding y J. Keiding (12) para preparar auro-tiosulfatos complejos alcalinos, de amonio, o alcalino-terreos, se disuelve bromuro o ioduro de oro en un exceso de bromuro o ioduro del metal que se desea en el producto final. La solución, que se prepara en líquidos alcohólicos, se hace reaccionar con una solución parcialmente alcohólica de tiosulfato.

También se debe al mismo autor (13) otra variación del método que consiste en tratar una solución de  $\text{Cl}_3\text{Au}$  con un exceso de ioduro o bromuro del metal cuyo complejo se quiere preparar. El iodo o bromo liberado se trata con tiosulfato hasta solución incolora y después se añade cantidad conveniente del tiosulfato para la formación del aurotiosulfato complejo.

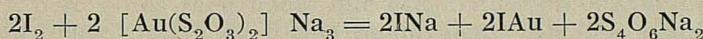
Este mismo procedimiento se sigue en la patente de Dansk Chemo — Therapeutik Selskab ved Andersen, Siesbye & Weitzmann (14) según la cual se obtienen tiosulfatos dobles de oro y metales alcalinos, alcalino-tiéreos o amonio por disolución de  $\text{ClAu}$ ,  $\text{BrAu}$ , o  $\text{IAu}$  en una solución de bromuro y ioduro del metal que se desea y adición a tiosulfato del mismo metal. La reacción se efectúa en una solución conteniendo alcohol y el tiosulfato doble se precipita con alcohol, pudiendo recristalizarse a partir de soluciones acuosas.

Igualmente la obtiene J. Abelló Pascual (15) haciendo reaccionar  $\text{IAu}$  y  $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$  en disolución acuosa y precipitando el aurotiosulfato con alcohol hirviendo. El producto obtenido no necesita de ulterior purificación.

La J. G. Farbenindustrie (16) patentó un procedimiento de obtención de Otto Ripke a partir de sal de oro y tiosulfato sódico evaporando a presión reducida en atmósfera inerte una disolución de la mezcla de reacción.

A. J. Gelarie y F. R. Greenbaum (1. c. 3) encuentran que el aurotiosulfato no se reduce por el cloruro o sulfato ferroso, ácido oxálico o cloruro estanoso. En solución se descompone por la luz; el sulfuro de hidrógeno precipita sulfuro de oro. Las agujas incoloras corresponden en su composición al bihidrato de fórmula  $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2] \text{Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

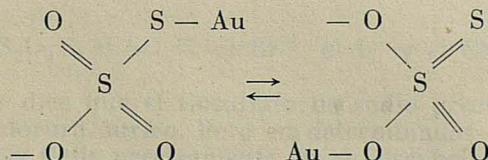
Según M. J. Fordos y A. Gelis (1. c. 1) la sal tiene sabor dulce; permanece inalterado hasta  $100^\circ$  pero a  $150\text{-}160^\circ$  pierde su agua de cristalización sin descomposición y a mayor temperatura se forman sulfatos de oro y sodio. Es soluble en agua, insoluble en alcohol y poco soluble en líquidos acuoalcohólicos. El sulfuro de hidrógeno y sulfuros solubles precipitan sulfuro de oro pardo; la tintura de iodo en solución concentrada no precipita debido a la formación de auroioduro de sodio, pero en solución diluida precipita ioduro auroso  $\text{IAu}$ :



Los ácidos clorhídrico y sulfúrico diluidos y los ácidos orgánicos no precipitan azufre S ni dan lugar a desprendimiento de dióxido de azufre  $\text{SO}_2$ . El cloruro de bario forma la sal de bario que se precipita con alcohol.

Según J. K. Gjaldbaek (1. c. 4) en solución acuosa se ioniza casi por completo en  $\text{Na}^+$  y  $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^-$ . La ulterior ionización dando iones  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  y  $\text{Au}^+$  sólo tiene lugar en muy pequeña extensión. El valor del pH de las soluciones varía entre 7,5 y 5,6 y se supone que estas irregularidades se deben a la presencia de impurezas.

No se ha podido determinar si el oro está unido al oxígeno o al azufre, considerándose que existe en la solución un equilibrio tautomérico:



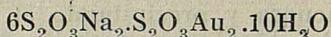
L. Benda (17) patenta un procedimiento de preparación de soluciones de aurotiosulfato sódico estables y esterilizables (para uso terapéutico), que permanecen claras e incoloras, por mezcla del aurotiosulfato con tiosulfato sódico y disolución en agua destilada.

Esta misma disolución conjunta o mezcla de las disoluciones separadas la emplean con el mismo fin L. Cassella y Co (18) así como también (19) la mezcla de aurotiosulfato, tiosulfato sódico y una sal del ácido p-dialquilamino-aryl-fosfinoso.

H. Möllgaard (1. c. 6) discute el uso del complejo en el tratamiento de la tuberculosis; J. F. Schemberg y C. S. Wright (20) en el del lupus eritematoso.

C. Himly (21) dice haber obtenido un pentahidrato.

P. Jochum (22) prepara una sal más compleja, el auroheptaticsulfato de sedio



añadiendo alcohol à la mezcla de solución saturada y fria de tiosulfato de sodio y solución neutra de cloruro auríco. A. J. Gelarie y F. R. Greenbaum (1. c. 3) la preparan añadiendo lentamente y bajo constante agitación una solución concentrada del cloruro ácido a otra también concentrada de tiosulfato sódico.

Después de una cuidadosa revisión bibliográfica llegamos a la conclusión de que la estructura del aurotiosulfato sódico bihidratado no ha sido estudiada con los rayos X, ni se ha hecho trabajo cristalográfico alguno sobre dicha especie química.

### III

## DISCUSION DE LOS METODOS DE PREPARACION

La forma más sencilla, teóricamente, de obtener el aurotiosulfato de sodio, sería mezclar cantidades calculadas de los tiosulfatos sencillos, de sodio  $S_2O_3Na_2$  y de oro monovalente  $S_2O_3Au_2$  y verificar luego la cristalización del producto por un procedimiento adecuado.

En la práctica esto no es posible porque el tiosulfato de oro  $S_2O_3Au_2$  por su inestabilidad no se ha logrado preparar. Por esta razón se recurre siempre a sistemas que dando naciente el  $S_2O_3Au_2$ , éste, se encuentra con exceso, según cantidad calculada, de tiosulfato de sodio para que copulándose se estabilice en forma de sal compleja.

Siendo las combinaciones de oro más estables y corrientes las de su forma trivalente, a ellas hay que acudir como punto de partida en la citada preparación. Por lo tanto, se trata de transformar la sal de oro trivalente en tiosulfato de oro monovalente, transformación que podemos considerar dividida en dos procesos, uno el de reducción de la sal de oro pasando de su forma trivalente  $Au^{+++}$  a la monovalente  $Au^+$ , y otro el de doble descomposición que habrá de tener lugar para la formación del tiosulfato de oro monovalente  $S_2O_3Au_2$ . Para el primer proceso necesitamos de un reductor, y para el segundo hemos de emplear un tiosulfato y en nuestro caso el de sodio, por tratarse de la obtención del complejo sódico.

Se parte de oro metálico purísimo que se disuelve en agua regia y se la tiene finalmente como cloruro de oro trivalente  $Cl_3Au$ , que hemos de reducir y transformar en  $S_2O_3Au_2$ .

Las soluciones de cloruro aurico son muy susceptibles a los agentes reductores, pero no es fácil hacer que esta reducción origine precisamente y de manera cuantitativa, la forma monovalente sin que avance más allá dando oro coloidal y oro metálico o también algunas veces óxido de oro.

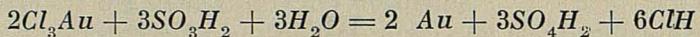
Según G. Besseyre (23) la solución neutra de cloruro aurico deposita gradualmente oro metálico cuando se le tiene en vasija cerrada en la obscuridad; la solución ácida permanece invariable. E. Sonstadt (24) observa que la luz descompone las soluciones acuosas muy diluidas de cloruro aurico con separación de oro y formación de peróxido de hidrógeno, lo que está de acuerdo con la afirmación de T. Svedberg (25) de que una prolongada iluminación descompone la solución.

De la revisión bibliográfica de los numerosísimos trabajos hechos sobre la reducción por diversos agentes de las soluciones de cloruro de oro, aparecen como reductores apropiados con el fin de obtenerlo en su forma monovalente el



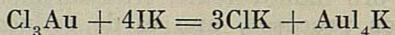
H. Fizeau (26) dice que el tiosulfato de sodio precipita sulfuro aurico de soluciones de cloruro aurico. Pero en determinadas condiciones fué utilizado por Fordos y Gelis precisamente en el descubrimiento del complejo.

Según P. Berthier (27) y C. Winkler (28) el dióxido de azufre reduce soluciones ácidas y neutras de cloruro áurico apareciendo el líquido con opalescencia azul; hirviendo se deposita oro en forma de polvo pardo.

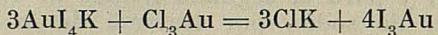


H. Rose (29) observa que las disoluciones muy diluidas y frías solamente se decoloran y cuando se calientan tiene lugar una ulterior reducción; si además de tratarse de disoluciones diluidas hay en presencia un gran exceso de ácido clorhídrico, la solución permanece incolora, precipitándose el oro al diluir o neutralizar la acidez con amoníaco (30). M. E. Diemer (1. c. 9) y V. Lenher (31) demuestran que en presencia de un exceso de otros cloruros, alcalinos y alcalinotérreos, el cloruro auroso es un estado intermedio de reducción, estable.

J. Pelletier (32) encuentra que el ioduro de potasio precipita ioduro de oro amarillo y A. Pleisch (33) obtiene un precipitado similar cuatro horas después de la adición de ácido iodhídrico al cloruro áurico. Sin embargo, según F. W. Schmidt (34) si a una solución neutra de  $\text{Cl}_3\text{Au}$  se añade gradualmente ioduro potásico, el líquido se vuelve verde oscuro y forma un precipitado del mismo color de  $\text{I}_3\text{Au}$ , que se disuelve al agitar formando iodoaurato soluble.



Si a una solución conteniendo  $\text{Cl}_3\text{Au}$  y  $\text{IK}$  en la proporción 1/4 se añade cloruro áurico, se descompone el iodoaurato y precipita  $\text{I}_3\text{Au}$



El precipitado puede lavarse sin mucha descomposición, pero pierde iodo al secarse. Se descompone lentamente al aire formando  $\text{IAu}$  amarillo.

Winter (35) y Spiegel (36) revisando trabajos anteriores llegan a la conclusión de que el  $\text{I}_3\text{Au}$  no se ha preparado de modo cierto.

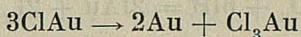
De lo dicho se infiere que la manera más sencilla y practicable de llegar a compuestos de oro monovalente consiste en obtener el cloruro de  $\text{Au}^{+++}$  y luego partiendo de la disolución de este producto preparar las combinaciones de oro monovalente más adecuadas para el fin perseguido. De entre estas combinaciones destacamos como las más aptas el  $\text{ClAu}$ ,  $\text{BrAu}$ , y  $\text{IAu}$ , siendo la mejor esta última como se desprende del examen bibliográfico de los métodos de preparación y propiedades.

**CLORURO DE ORO.** — Diemer (1. c. 9) demuestra la existencia del  $\text{ClAu}$  observando que la pérdida de peso de una muestra de  $\text{Cl}_3\text{Au}$  calentada a  $190^\circ$  Dicho cloruro áurico se preparaba disolviendo oro en agua regia, evaporando para quitar exceso de ácidos y calentando el residuo a unos  $200^\circ$  en corriente de cloro seco por media hora. Preparado en estas condiciones, al calentarla a  $100^\circ$  no experimenta pérdida de peso ni se observan signos de descomposición. La curva perdida de peso-calentamiento establece claramente la formación de un compuesto definido de fórmula  $\text{ClAu}$ , mientras que al calentar el cloruro áurico ordinario  $\text{AuCl}_4\text{H}$  no aparece estado intermedio entre el compuesto áurico y el oro metálico.

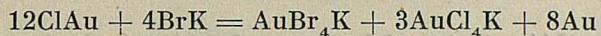
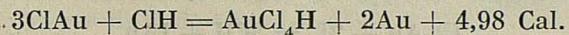
El cloruro auroso puede prepararse por calentamiento del  $\text{Cl}_3\text{Au}$  a determinadas temperaturas, como recomiendan J. C. Leuchs (37), J. J. Ber-

celius (38), L. Vanino y L. Rossler (39), J. Thomsen (40), F. W. Schmidt (1. c. 34), F. Lengfeld (41), L. G. Figuier (42), J. Löwe (43) y F. H. Campbell (44), si bien no coinciden en la temperatura y el tiempo de calentamiento.

El  $\text{ClAu}$  es sólido, cristalino, amarillento, que puede prepararse muy puro, si bien los procedimientos son engorrosos. Puede calentarse sin descomposición hasta temperaturas que oscilan entre  $170^\circ$  y  $210^\circ$  según los autores, F. Lengfeld (1. c. 41), y F. Meyer (45), F. W. Schmidt (1. c. 34), M. E. Diemer (1. c. 9). Es insoluble en agua, la cual le descompone así como el aire húmedo, según la reacción



Según J. J. Berzelius (1. c. 38) y J. C. Leuchs (1. c. 37) esta descomposición es lenta en la oscuridad y en frío, más rápida a la luz y en caliente, y completa con agua hirviendo. También se descompone por el alcohol, más lentamente, según E. Petersen (46), que con el agua. El cloruro auroso se disuelve en ácidos clorhídricos y bronhídrico y en los cloruros y bromuros alcalinos con descomposición, que es más rápida con bromuros que con cloruros, J. Thomsen (1. c. 40) y F. Lengfeld (1. c. 41).



El procedimiento para tener el cloruro de oro monovalente en disolución es el que da M. E. Diemer (1. c. 9), que consiste en la reducción del  $\text{Cl}_3\text{Au}$  mediante el  $\text{SO}_2$ . Si el  $\text{Cl}_3\text{Au}$  se encuentra solo, tiene lugar una decoloración según va verificándose la reducción, pero no puede evitarse que ésta avance dando lugar a una simultánea descomposición con separación de oro metálico. Por ello Diemer opera en presencia de cloruros de sodio, potasio, amonio, calcio, o magnesio, consiguiendo que la solución incolora obtenida permanezca un cierto tiempo sin separación de oro. Como el cambio de color es muy marcado, empleando una solución valuada de  $\text{SO}_2$  contra otra de  $\text{Cl}_3\text{Au}$  de riqueza conocida, puede deducir el grado de reducción obtenido resultando ser el correspondiente al  $\text{ClAu}$ . Midiendo la variación de la fuerza electromotriz de contacto frente a la solución de  $\text{Cl}_3\text{Au}$  en presencia de  $\text{Cl}^-$ , que tiene lugar al agregar cantidades progresivas de solución de  $\text{SO}_2$  comprueba que el potencial máximo corresponde a la decoloración de la solución por paso a la forma aurosa en compuestos del tipo  $\text{ClAu.ClNa}$  (excepto en el caso del cloruro de calcio), que son inestables pero que ganan estabilidad en presencia de gran cantidad de cloruro alcalino, retardando la disociación del  $\text{ClAu}$  en  $\text{Au}$  y  $\text{Cl}_3\text{Au}$ .

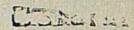
J. J. Berzelius (1. c. 38) por fusión del cloroaurato de potasio  $\text{AuCl}_4\text{K}$ , obtiene cloroaurito  $\text{AuCl}_2\text{K}$ , que no se descompone al calentarla al rojo, pero sí con el agua o ácido clorhídrico.

**BROMURO DE ORO.**—Este compuesto se prepara análogamente al cloruro por calentamiento de ácido bromoáurico  $\text{AuBr}_4\text{H}$  o bromuro áurico  $\text{Br}_3\text{Au}$  como indican J. Thomsen (1. c. 40), F. Lengfeld (1. c. 41), F. W. Schmidt (1. c. 34). Es bastante estable al calor pero el agua le descompone y también, aunque lentamente, el alcohol, éter, acetona y cloroformo húmedo.

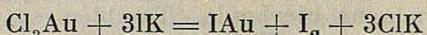
Según F. Lengfeld (1. c. 41) se disuelve en solución de bromuro potásico formando ion complejo (probablemente  $\text{AuBr}_2^-$ ) y finalmente oro y bromoaurato potásico. Se disuelve en cianuro potásico sin descomposición.

**IODURO DE ORO.** — El ioduro de oro posee propiedades parecidas a los otros monohalogenuros, pero es el último término de la acción del iodo sobre el oro mientras que el cloro o bromo dan finalmente  $\text{Cl}_3\text{Au}$  y  $\text{Br}_3\text{Au}$ .

Se le ha preparado por J. Pelletier (1. c. 31) tratando  $\text{Au}_2\text{O}_3$  por solución de ácido iodhídrico



y también con cloruro de oro trivalente en solución neutra por adición de ioduro potásico,



ioduro ferroso o ácido iodhídrico como recomiendan F. W. Schmidt (1. c. 34), M. J. Fordos (47) y W. Biltz (48). A. Meillet (49) emplea ioduro amónico y F. Gramp (50) iodo.



Se puede también, tratar el bromuro de oro trivalente por ioduro potásico, J. Thomsen (1. c. 40), o el cloruro de oro monovalente por ioduro-potásico, J. F. W. Johnston (51). Schottländer (52) añade con precaución ácido sulfuroso a una solución de bromoaurato potásico hasta decoloración, y entonces agrega disolución de ioduro potásico que precipita el IAu.

Al ioduro lavado se le quita el iodo en exceso, en general, por calentamiento a 35°.

La primera preparación a partir del metal se debe a J. Pelletier (1. c. 32) que trata el oro por mezcla de ácidos iodhídrico y nítrico, J. Nicklés (53) encierra en un tubo iodo, oro y agua o éter y observa que el líquido filtrado contiene oro, sin concretar la naturaleza del compuesto. Había obtenido IAu descompuesto inmediatamente por el agua.

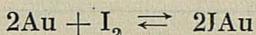
La preparación directa a partir de los elementos es fácil. F. Meyer (1. c. 45) dice que la acción es prácticamente nula a la temperatura ordinaria, pero a partir de 50° el vapor de iodo da IAu amorfo. La reacción es completa en algunas semanas en presencia de un exceso de iodo; requiere algunas horas a 100°. El iodo, fundido sobre el oro en tubo cerrado le transforma en IAu cristalizado, pero si se calienta a una temperatura demasiado elevada, 190°, la acción es nula. Es difícil separar el ioduro formado del iodo en exceso; hay que evitar el arrastre por el agua, alcohol o éter, que descomponen el ioduro. El procedimiento más práctico consiste en calentar dulcemente a 30° en una cápsula cerrada por un vidrio, sobre el cual sublima el iodo, o mejor aún, abandonar la mezcla a temperatura ordinaria en el vacío en presencia de potasa, Biltz (1. c. 48).

Es delicado obtener sal pura y se debe seguir la preparación por el análisis.

También se puede preparar el ioduro con iodo y oro en presencia de agua, a condición de poner un exceso de iodo; la proporción de oro que pasa a solución es ínfima.

El IAu es un polvo cristalino amarillo que según F. Meyer (1. c. 45) se disocia en iodo y oro lentamente a 50° en el vacío, siendo completa esta disociación a 190°. Se descompone al aire húmedo tanto más rápidamente cuanto más fácilmente puede escapar el iodo; en presencia de iodo no se descompone por el aire húmedo y es estable en presencia de agua en tubo cerrado.

La presión de disociación del ioduro de oro es menor que la del iodo puro a la temperatura ordinaria; de otra forma no sería posible la combinación de estos elementos. Cuando se ponen en contacto iodo y oro se unen hasta que la presión de vapor de iodo alcanza el valor del equilibrio

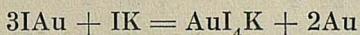


y a la inversa, el ioduro de oro se descompone mientras la presión del iodo es menor que el valor de equilibrio. El sistema es univariante y consta de 2 fases sólidas y 1 gaseosa; la única variable es la presión de vapor de iodo que depende de la temperatura.

F. H. Campbell (1. c. 44) encuentra que una solución de 0,1088 moles de iodo por litro de tetracloruro de carbono se encuentra en equilibrio con oro y ioduro de oro a 25°. Una solución saturada contiene 0,1156 moles de iodo, luego la presión de vapor de iodo en equilibrio, en relación con la presión de vapor de iodo puro, tendrá el valor

$$\frac{0,1088}{0,1156} = 0,943$$

La acción química de diversos reactivos sobre el IAu se ha estudiado por M. J. Fordos (1. c. 47) y comprobado por F. Meyer (1. c. 45). En resumen, el ioduro de oro muy poco estable, se comporta casi como una mezcla de oro y iodo. El cloro y el bromo dan  $\text{Cl}_3\text{Au}$  y  $\text{Br}_3\text{Au}$  con separación de iodo; la potasa libera oro y forma ioduro y iodato alcalino. El agua caliente o los ácidos sulfúrico, clorhídrico y nítrico le descomponen, pero frente a estos agentes presenta mayor estabilidad que el cloruro y bromuro. El ácido iohídrico forma ácido iodoáurico  $\text{AuI}_4\text{H}$  con separación de oro. De la misma manera actúan el ioduro potásico y ferroso, reacción según la cual J. Pelletier (1. c. 32), M. J. Fordos (1. c. 47) y F. Meyer (1. c. 45) obtienen el iodoaurato de potasio cristalizado



F. H. Campbell (1. c. 44) encuentra que la solubilidad en disolución de ioduro potásico es aproximadamente proporcional a la concentración de éste. No se puede deducir con certeza si el oro está en la solución en forma de  $(\text{AuI}_2)^-$ , o  $(\text{AuI}_4)^-$ .

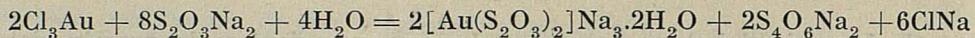
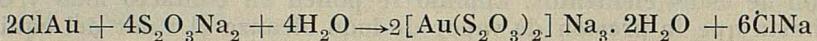
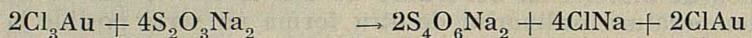
Muchos disolvente orgánicos descomponen el ioduro, entre ellos, el éter más rápidamente que el alcohol.

Los derivados del  $(\text{AuI}_2)^-$  no han sido aislados, mientras que los del  $(\text{AuI}_4)^-$  se forman espontáneamente.

Como resumen de todo lo anterior, se tienen como posibles procedimientos de preparación, todos ellos a partir de disoluciones de  $\text{Cl}_3\text{Au}$ , los siguientes:

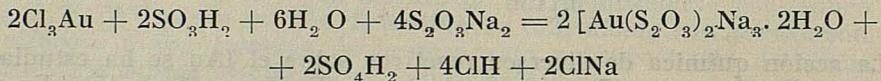
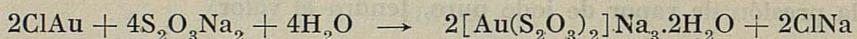
REDUCTOR S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=.

Métodos de: Fordos y Gelis; Etablissement Marret, Bonnin, Lebel et Guieu; K. L. Mc Cluskey y L. Eichelberger; H. Brown; J. Mathews; A. J. Gelarie y F. R. Greenbaum; J. K. Gjaldbaek.



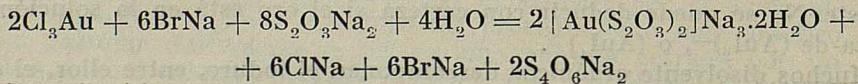
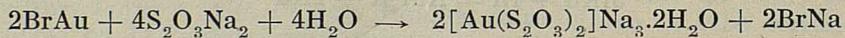
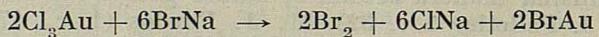
REDUCTOR SO<sub>3</sub>=.

Método de K. L. Mc Cluskey y L. Eichelberger



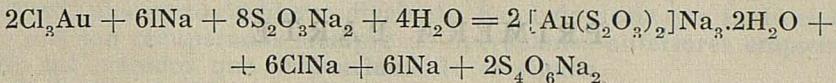
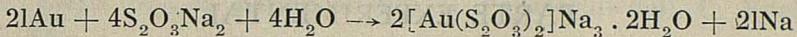
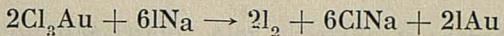
REDUCTOR Br

Métodos de: E. Keiding; Dansk Chemo — Therapeutik Selskab ved Andersen, Siesbye & Weitzman.



REDUCTOR I=.

Métodos de: E. Keiding, Dansk Chemo — Therapeutik Selskab ved Andersen, Siesbye & Weitmann, J. Abelló Pascual.



En el segundo procedimiento, en el que el reductor es el sulfuroso se necesitan doble número de moléculas de tiosulfato que de cloruro áurico; en todos los demás, por cada mol de  $\text{Cl}_3\text{Au}$  se gastan cuatro moles de tiosulfato, pues si bien en los dos últimos no se necesita tiosulfato para la reducción la misma cantidad que se ahorra por este concepto se gasta para la reacción con el halógeno que queda en libertad en la primera fase. Se evita este exceso de tiosulfato en el caso de emplear la sal aurosa sólida y aislada.

De las preparaciones primera y segunda que emplean como reductor el tiosulfato y el sulfuroso, existen recetas concretas con suficiente detalle, pero en todas ellas, el producto de primera cristalización está muy impurificado, siendo precisas nuevas recristalizaciones y además los rendimientos que se obtienen no son satisfactorios.

La reducción por bromuro o ioduro va mucho mejor pero el hecho de que todos estos procedimientos sean patentes, hace que no se tenga noticia de ningún detalle operatorio ni tampoco de los rendimientos alcanzados en la preparación.

Después de un conjunto de ensayos previos, llegamos a la conclusión de que el mejor método es el que emplea el ioduro como reductor, eligiéndolo por ello para nuestro estudio.

Hemos empleado tiosulfato de sodio disuelto en  $\text{H}_2\text{O}$  de las bases Pounds & Merck, porque tiene una alta pureza y es más barata que el cloro fijado, que es también difícilmente clorado como es el caso del ioduro de sodio que es más caro.

## PARTE EXPERIMENTAL

### PRIMERA PARTE

#### PREPARACION DE AUROTIOSULFATOS

##### IV

#### AUROTIOSULFATO DE SODIO

##### 1.— SUSTANCIAS DE PARTIDA

Una vez elegido el método de preparación procedimos al análisis de los productos de que disponemos, ya que su pureza debe ser condición fundamental para el buen éxito de la preparación. Los resultados se resumen en la Tabla I.

TABLA I. — ENSAYOS CUALITATIVOS DE LOS IODUROS SÓDICOS

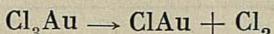
Impureza	Schering	Phar	Reactivos
Carbonatos	no	no	
Iodatos	no	no	ácido sulfúrico
Iodatos	no	no	engrudo de almidón ácido tartárico
Cloruros	trazas	trazas	
Bromuros			
Cianuros	no	no	
Sulfatos	no	trazas	
Metales	no	no	Amoniaco
Metales	no	no	$\text{NH}_4\text{OH} + \text{SH}_2$

Hemos empleado tiosulfato de sodio cristalizado  $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  de las casas Poulenc y Merck, productos puros, que aun así dan disoluciones con ligera turbidez, que es preciso filtrar para tener líquidos claros como el agua destilada. Las disoluciones de los ioduros también es preciso filtrar-

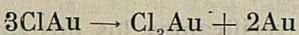
las y dan líquidos con ligerísimo color amarillo y reacción alcalina que supone indicios de descomposición, sobre cuya causa no concuerda la opinión de diversos investigadores, O. Loew (54), A. Houzeau (55), M. Vidan (56), A. R. Leeds (57), M. Battander (58), G. Papasogali (59), C. Engler y A. Nasse (60).

El oro utilizado fué siempre oro fino que todavía lo purificamos por disolución en agua regia, eliminación de ácido nítrico y precipitación del oro mediante el sulfato de hierro divalente. Es obvio decir que tanto el iodo como el oro son recuperados siempre de operaciones anteriores empleando para ello los métodos que ordinariamente se siguen.

La disolución de  $\text{Cl}_3\text{Au}$ , utilizada en la preparación de los productos, se obtiene disolviendo oro metálico purísimo en agua regia. Se evapora a sequedad repetidamente con adición de clorhídrico para eliminar el ácido nítrico y luego se elimina el clorhídrico, calentando por debajo de  $140^\circ$  para evitar todo lo posible la descomposición de  $\text{Cl}_3\text{Au}$  según la ecuación



que con el agua da lugar a

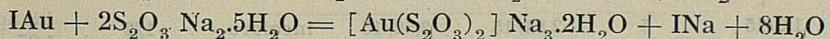
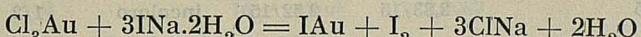


La disolución así obtenida se hace pasar por un crisol filtrante donde se recoge este oro metálico que, una vez lavado y seco se pesa para deducirlo de la cantidad de oro de partida y saber así la riqueza en oro de la disolución preparada.

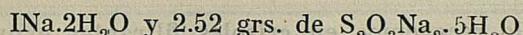
## 2. — Preparación de aurotiosulfato de sodio

Para preparar el aurotiosulfato sódico pensamos que podíamos seguir cualquiera de los dos métodos siguientes:

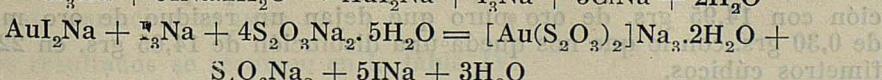
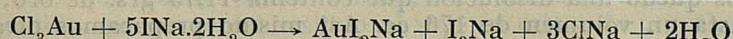
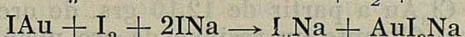
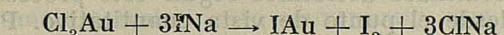
1.<sup>o</sup> Reducir la sal de oro trivalente con la cantidad calculada de ioduro sódico necesaria para obtener el  $\text{IAu}$  sólido, que disuelto directamente en el tiosulfato sódico nos daría la siguiente reacción:



según las cuales se necesitan por cada gramo de oro, 2,83 grs. de



2.<sup>o</sup> Verificar la reducción del cloruro de oro  $\text{Cl}_3\text{Au}$  en presencia de un exceso de ioduro sódico para que el  $\text{IAu}$  formado se disolviera en el ioduro sódico y vertida esta disolución sobre la de tiosulfato daría lugar a los procesos siguientes:



Hecho el cálculo estequiométrico, a cada gramo de oro corresponden 4,71 grs. de  $\text{INa} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  y 5,03 grs. de  $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  que se convierten en 5,15 grs. y 5,28 grs. al poner un exceso del 10% y 5% respectivamente.

Teóricamente se nos presentaba como más ventajoso el primer método por obtenerse el aurotiosulfato acompañado en la disolución solamente por el ioduro sódico, soluble en el alcohol, que hemos de utilizar como precipitante; de esta manera no encontrándose presente en la disolución el tetratiónato, que como es sabido precipita también por el alcohol, se evitaría la posibilidad de que este compuesto acompañase en la cristalización al complejo de oro impurificándole. Además, operando así, el pH de la disolución no experimenta modificación sensible al paso que en el segundo método, como después nos lo confirmó la experiencia, es necesario fijar previamente el pH que los líquidos a mezclar deben tener. A pesar de esta suposición veremos que en la práctica, nos resultó más ventajoso el segundo método que el primero como se deduce de las experiencias que a continuación exponemos.

a) *Preparación del ioduro IAu*

Como ensayos previos verificamos los dos que contiene la Tabla II y en los que preparamos IAu agregando sobre una disolución de INa que contiene 2,83 grs. en 15 cc. otra de cloruro de oro cuya riqueza es de 1,00 gr. de oro en 15 cc. En el primer ensayo la solución de oro es ácida y en el segundo la hemos neutralizado previamente con 5 c. c. de carbonato sódico 2 N.

TABLA II

Ens.	Solución oro grs./cc.	$\text{CO}_2\text{Na}_2$ 2 N cc.	Solución ioduro grs./cc.	Solución tiosulf. grs./cc.	Líquido final	Proporción agua alcohol	Cristales
1	1,0/15		2,83/15	2,52/15	incoloro	1/2	blancos
2	1,0/15	5	2,83/15	2,52/15	incoloro	1/2	blancos 1,25 grs.

El precipitado lo recogemos en crisoles filtrantes expulsando la mayor parte del iodo que le acompaña por calentamiento a 30°, y después se hace reaccionar con el tiosulfato agregándolo en pequeñas porciones con una varilla. La reacción transcurre satisfactoriamente dando líquidos incoloros y manteniéndose invariable el pH de la solución.

Con estos resultados decidimos seguir este proceso de una manera ya más rigurosa desde el punto de vista cuantitativo. Para ello preparamos una disolución de  $\text{Cl}_3\text{Au}$  a partir de 12,10 grs. de oro puro, habiendo recogido en el crisol filtrante un residuo de oro metálico de 0,35 grs. con lo que nos quedó una disolución que contenía 11,75 grs. de oro; completamos hasta un volumen de 176 cc. Así mismo preparamos otra disolución con 14,95 grs. de oro puro que dejan un residuo de oro metálico de 0,30 grs. con lo que nos queda una disolución de 14,65 grs. en 220 centímetros cúbicos.

Para comprobar estas disoluciones determinamos analíticamente (61) su riqueza pesando el oro precipitado por perhidrol en medio alcalino a partir de 5 cc. de disolución; los resultados se muestran en la Tabla III.

TABLA III.—RIQUEZA EN ORO DE LAS DISOLUCIONES

Solución	Muestra	Peso Au en 5 c. c. (grs.)	Valor medio
I	1	16 = crisol + 1,7968	
		16 = Id. + Au + 1,4786	
		Au = 0,3182	
	2	16 = Id. + Au + 1,4834	0,3174 grs.
II	1	16 = crisol + 1,8000	
		Au = 0,3166	
		16 = Id. + Au + 1,4788	
	2	16 = crisol + 1,7995	
		Au = 0,3207	
		16 = Id. + Au + 1,9867	0,3212 grs.
	2	16 = crisol + 2,3085	
		Au = 0,3218	

Para estudiar el proceso de reducción de manera cuantitativa, preparamos una solución acuosa de ioduro sódico que tiene 28 grs. en 100 cc. y agregamos diferentes cantidades de la misma a 5 cc. de la solución de oro. El ioduro de oro IAu así obtenido lo recogemos en crisol filtrante Jena 1 G 3 y se le somete a tratamiento conveniente, que luego se indica, para tenerlo lo más puro posible. Como comprobación de la pureza del IAu se somete luego el crisol filtrante a temperatura de 110-150° para pesar el oro que queda como residuo; es suficiente dicha temperatura pues sometida una parte del residuo al rojo en crisol de porcelana, no experimenta variación en peso.

Los resultados se resumen en la tabla IV.

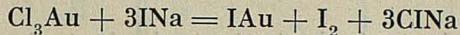
TABLA IV

Ens. n. <sup>o</sup>	Solución oro grs./cc.	Solución I Na 5,6 % grs./cc.	Equivalencia sol. I Na 28 % grs./cc.	Pesas con crisol vacío grs.	Pesas con crisol + I Au grs.	Pesas con crisol + Au grs.	I Au grs.	Au grs.	I Au teórico grs.
3	0,3174/5		0,61/2,2	4,1648	3,7363	3,9044	0,4285	0,2604	0,4286
4	0,3174/5		0,73/2,6	3,4216	2,9120	3,1112	0,5096	0,3104	0,5102
5	0,3174/5		0,73/2,6	3,4220	3,0126	3,1101	0,4094	0,3119	0,5126
6	0,3212/5		0,76/13,5	0,76/2,7	3,4220	2,9116	3,1063	0,5104	0,3157
7	0,3212/5		0,78/14,0	0,78/2,8	4,1667	3,6663	3,8535	0,5004	0,3132
8	0,3212/5		0,81/14,5	0,81/2,9	0,8570	0,4197	0,5360	0,4347	0,3210
9	0,3174/5		0,84/3,0	4,1663	3,7095	3,8680	0,4568	0,2983	0,4903

La tabla V recoge los datos que indican la pérdida de peso en cada caso hasta pesada constante. En los ensayos 3, 4, 5, 9 y 7 el ioduro de oro IAu lavado con alcohol se ha mantenido en desecador de cloruro cárlico y al vacío en presencia de potasa; en el 6 el ioduro lavado se tiene sencillamente en desecador y en el 8, el precipitado conjunto de iodo y IAu se calienta a 30°.

Al verificar la reducción agregando la disolución de ioduro sobre la de oro, a pesar de la coloración intensa del líquido, se aprecia una especie de punto de viraje, por la disolución del iodo precipitado junto con el IAu, en el primer exceso de ioduro sódico añadido. En este instante se ha agregado el ioduro sódico justamente necesario para precipitar todo el oro en forma de IAu y corresponde según la tabla VI, al momento en que por cada 5 cc. de disolución de cloruro de oro contenido 0,3174 grs. de oro se han añadido 2,6 cc. que tienen 0,73 grs. del ioduro sódico que empleamos.

Tomando como base el oro obtenido en el ensayo 4, 0,3104 grs. y haciendo el cálculo con arreglo a la reacción



se necesitan 0,708 grs. de INa, mientras nosotros hemos gastado 0,730 grs. La relación entre estos pesos

$$\frac{0,708}{0,730} = 0,969$$

coincide con la riqueza en INa, hallada experimentalmente para nuestro producto 96,6 % según se detalla en la tabla VII.

Las cantidades de oro obtenidas y por lo tanto los ioduros precipitados son prácticamente las mismas en los ensayos 4, 5, 6, 7 y 8, mientras que son menores en el 3 y el 9 que corresponden a las cantidades mínima y máxima de ioduro empleadas; en el 3 no todo el oro ha sido precipitado y en el 9, después de disolverse el iodo se inicia la disolución del IAu.

La relación de pesos de oro o de ioduros de los ensayos 4 y 3

$$\frac{0,4104}{0,2604} = 1,192$$

coincide con la de ioduros de sodio empleados  $\frac{0,73}{0,61} = 1,19$

La relación entre los pesos IAu y Au en cada ensayo, es un índice de la pureza del IAu. Puede afirmarse que es puro el obtenido en los ensayos 3, 4, 6 y 7, mientras que los otros se encuentran parcialmente descompuestos.

*De lo anterior, por tanto, se deduce que del modo indicado puede prepararse el ioduro de oro en estado de pureza y con gran rendimiento, sin que por otra parte ni el lavado rápido con alcohol ni su permanencia al vacío le descompongan.*

Intentamos también preparar IAu con la variante de agregar el ioduro sódico sobre disolución acuо-alcohólica (15/45 cc.) de cloruro áurico. Tiene lugar la reducción pero rápidamente el ioduro de oro se descompone quedando un residuo de oro metálico.

TABLA V.—PÉRDIDAS DE PESO DE LOS IODUROS DE ORO IAu EN MGRS.

Intervalo de tiempo	Presión inicial	Ensayo n. <sup>o</sup> 3 mgrs.	Ensayo n. <sup>o</sup> 4 mgrs.	Intervalo de tiempo	Presión inicial	Ensayo n. <sup>o</sup> 5 mgrs.	Ensayo n. <sup>o</sup> 9 mgrs.	Intervalo de tiempo	Ensayo n. <sup>o</sup> 6 mgrs.	Presión inicial	Ensayo n. <sup>o</sup> 7 mgrs.	Calentamiento a 30-35°	Ensayo n. <sup>o</sup> 8 mgrs.
14 h.	30 mm.	14	22	24 h.	20 mm.	68	10	8 h.	0,3	70 mm.	2,5	—	180
3 h.	30 mm.	3	10	24 h.	20 mm.	17	4	13 h.	1,6	70 mm.	3,9	—	50
3 h.	30 mm.	2	11	24 h.	20 mm.	4	2	9 h.	0,3	70 mm.	1,3	—	30
4 h.	30 mm.	0	1	24 h.	20 mm.	2,3	2,5	17 h.	0,8	70 mm.	1,6	—	30
14 h.	30 mm.	1,2	1,3	9 h.	20 mm.	0,6	1,1	22 h.	0,6	70 mm.	0,8	—	—
3 h.	30 mm.	0,3	0,2	15 h.	20 mm.	0,1	2,7	10 h.	0,0	70 mm.	0,3	—	—
4 h.	30 mm.	-0,1	0,0	9 h.	20 mm.	0,3	2,0	15 h.	0,4	70 mm.	0,4	—	—
				15 h.	20 mm.	0,3	2,7	9 h.	0,0	70 mm.	0,2	—	—
				9 h.	30 mm.	0,2	1,3	14 h.	0,5	70 mm.	0,4	—	—
				15 h.	50 mm.	-0,1	0,1	10 h.	-0,4	70 mm.	-0,3	—	—
				9 h.	50 mm.	-0,1	0,7	14 h.	0,5	70 mm.	0,6	—	—
				15 h.	50 mm.	0,0	0,3	10 h.	0,0	70 mm.	-0,1	—	—
				9 h.	60 mm.	0,5	0,2	17 h.	0,1	70 mm.	0,2	—	—
				15 h.	60 mm.	0,1	0,4	7 h.	0,0	60 mm.	-0,1	—	—
				9 h.	60 mm.	0,1	-0,3	16 h.	0,1	50 mm.	0,2	—	—
				15 h.	60 mm.	0,3	0,5	7 h.	-0,1	40 mm.	-0,2	—	—
								14 h.	0,0	30 mm.	-0,1	—	—
								11 h.	-0,1	20 mm.	0,1	—	—
								13 h.	0,1	10 mm.	0,1	—	—
								24 h.	—	10 mm.	-0,1	—	—

TABLA VI.—OBSERVACIÓN DE PUNTOS FINALES EN LA REDUCCIÓN

Au grs./cc.	I Na 28 % grs./cc.	Au grs./cc.	I Na 50 % grs./cc.	Au grs./cc.	I Na 50 % grs./cc.						
0,3174/5	0,73/2,6	0,3174/5	0,73/2,6	0,3174/5	0,73/2,6	0,9522/15	2,19/7,8	0,9522/15	2,20/4,4	0,9522/15	2,20/4,4

TABLA VII. — ANÁLISIS DEL IODURO SÓDICO PHAR

Muestra núm.	MUESTR A grs.	I Ag grs.	Riqueza % I Na
10 = pesa sust.	+ 3,1774	30 = crisol filtr.	+ 2,9684
10 = muestra + Id.	+ 2,6620	20 = IAg + Id.	+ 2,1894
1	muestra = 0,5154	IAg + 0,7790	96,5
15 = pesa sust.	+ 2,3076	25 = crisol filtr.	+ 4,5524
15 = muestra + Id.	+ 1,7928	25 = IAg + Id.	+ 3,7735
2	muestra = 0,5144	IAg = 0,7789	96,7
20 = pesa sust.	+ 6,9937	muestra = 5,2713 humedad 3,1%	
20 = muestra + Id.	+ 1,7224		
20 = muestra + Id.	+ 1,8858	humedad = 0,1634	

b) *Empleo del ioduro de oro IAu sólido en la preparación del complejo.*

Realizamos ensayos preparando IAu y haciéndolo reaccionar con la cantidad correspondiente de tiosulfato sódico. La preparación de IAu se hizo normalmente obteniéndose prácticamente un rendimiento del 100 % siendo en la experiencia 12, tabla VIII algo menor porque una pequeña porción pasó a través de la placa filtrante. La doble descomposición se hizo agregando el IAu sólido y mortereándolo con la solución de tiosulfato sódico.

El ensayo 10, marcha bien, mientras que en el 11 y 12, se obtienen líquidos muy turbios, por la gran cantidad de oro metálico que queda como residuo.

El polvo residual se ha pesado después de desecado a baja temperatura y calcinado al rojo, obteniéndose los mismos valores en ambos casos, lo que nos permite afirmar se trata de oro metálico que representa aproximadamente un tercio del de partida.

Esta manera de operar da buenos resultados en cuanto se refiere a la obtención del producto sin procesos secundarios que la impurifiquen; sin embargo, debido a la diferente velocidad de reacción según el tamaño del grano de ioduro empleado es frecuente que el ioduro de oro experimente procesos de descomposición, lo que lleva consigo pérdidas de rendimiento y, por lo tanto, el no ser siempre reproducibles las experiencias.

TABLA VIII.—ENSAYOS DE PREPARACIÓN DEL COMPLEJO CON I Au

Ens. n.º	Solución oro grs./cc.	Solución I Na grs./cc.	I Au grs.	I Au teórico grs.	I Au utilizado grs.	Solución tiosulf. grs./cc.	Líquido final	Proporción agua alcohol	Cristales	Oro residual grs.
10	0,9592/15	2,25/4,5	0,9592	1,5755	1,6	2,7	incoloro	1/3	blancos	algo
11	0,9636/15	2,32/30	0,9636	1,584	1,5484	2,372/15	turbio	1/3	blancos	0,311
12	0,9636/15	2,32/30	0,9636	1,584	1,4255	2,402/15	turbio	1/3	blancos	0,345

Este inconveniente, así como la incomodidad que supone el tener que preparar el IAu y operar después con este producto sólido, hicieron que probásemos el segundo método.

c) *Preparación del aurotiosulfato sódico con el ioduro de oro en solución.*

Para operar con arreglo al segundo método, preparamos (ensayo 13) una disolución acuosa de cloruro de oro que contiene 1,61 grs. en 10 centímetros cúbicos; la neutralizamos al tornasol con carbonato sódico 2N y lo agregamos poco a poco y agitando sobre otra disolución acuosa de ioduro sódico que tiene 8,2 grs. en 10 cc. El líquido resultante de esta reacción lo añadimos, también lentamente y con agitación, sobre 15 cc. de disolución de tiosulfato sódico que tienen 8,4 grs. Al producto final se agrega alcohol y se deja cristalizar.

De manera análoga verificamos el ensayo 14 partiendo de 2 grs. de oro con los que preparamos una solución que contiene 1,8 grs. en 10 cc. y las experiencias 15, 16 y 17 con partes alicuotas de otra disolución preparada con 6 grs. de oro. Los resultados de todos estos ensayos se resumen en la tabla IX.

TABLA IX.— ENSAYOS CON ARREGLO AL SEGUNDO MÉTODO

Ens. n.º	Solución oro grs./cc.	CO <sub>2</sub> Na 2 N cc.	Solución I Na. 2H <sub>2</sub> O grs./cc.	Solución S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> , 5H <sub>2</sub> O grs./cc.	Líquido final	Cristales
13	1,61/10	20	8,2/10	8,4/15 {	amarillo rojizo	{ Precipitado rojo pardo
14	1,8 /10	5	10,0/10	10,2/15	amarillo claro	Id.
15	1,88/20	3,3 {	9,68/20 9,68/20	9,92/20 9,92/20 {	coloreados y con polvo pardo	{ Pardos y blancos
16	1,88/20	3,3	19,35/20	9,92/20 {	coloreado y con pre- cipitado granate	{ Amarillos
17	1,88/20	3,3	9,68/40	9,92/20	amarillo	Muy pocos

En todos ellos se obtienen líquidos finales coloreados y cristales impuros. Además se observa que al agregar la disolución de cloruro de oro sobre la de ioduro sódico, en un momento dado, cuando se han agregado aproximadamente los 2/3, aparece un precipitado que resultó ser IAu y que, según vimos más tarde, quedaba sin disolver por falta de ioduro sódico.

Vistos los malos resultados obtenidos en la preparación del producto y suponiendo que éstos se debían al carácter alcalino fuerte que tienen las disoluciones finales, procedimos a verificar otras experiencias sin la neutralización de la solución de oro que hacíamos en los ensayos anteriores.

Usamos ácido cloroáurico  $\text{AuCl}_4 \cdot \text{H}_4\text{O}$  (ensayo 18) que sometemos al mismo calentamiento para eliminar el clorhídrico en exceso. Se disuelve en agua, se filtra y se tiene una disolución que contiene 0,92 grs. de oro en 15 cc. Se vierte sobre solución de ioduro (4,73 grs. en 20 cc.) con lo que se verifica la reducción y el conjunto se añade sobre 20 cc. de solución de tiosulfato contenido 4,86 gramos.

En la reducción en medio ácido aparece como antes el precipitado de IAU que no preocupa, ya que se disuelve perfectamente en el tiosulfato. Al añadir lentamente el producto de la reducción sobre el tiosulfato, al principio, el líquido se mantiene incoloro, pero pronto amarillea y apreciamos ligero desprendimiento de dióxido de azufre procedente de la descomposición del tiosulfato, por la acidez del líquido producto de la reducción; inmediatamente neutralizamos con carbonato sódico 2N y se vuelve incoloro. Continuamos la reacción cuidando de que el líquido se mantenga siempre neutro. De este modo se obtienen líquidos incoloros y finalmente cristales blancos.

Estos cristales los recogemos filtrando sobre embudo de placa filtrante de Jena, porosidad 1, donde se escurren bien a vacío y se lavan primero con líquido acuoalcohólico de las proporciones del agua madre y después con alcohol de 96°.

Repetimos la preparación satisfactoriamente en las experiencias 19, 20, 21 y 22 con 0,94, 1,5, 6,6 y 9,48 grs. de oro, respectivamente. Los resultados y cuanto concierne a ellos se resumen en la tabla X.

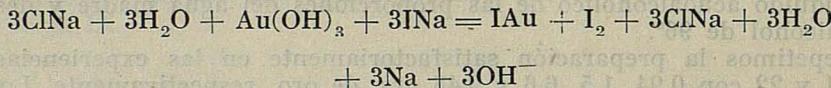
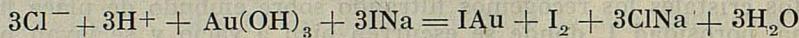
TABLA X

Ens. n.º	Solución oro grs./cc.	Solución ioduro grs./cc.	Solución tiosulf. grs./cc.	$\text{CO}_3 \text{ Na}_2$ 2 N grs./cc.	Líquido final cc.	Cristales
18	0,92/15	4,73/20	4,86/20	—	incoloro	{ blancos 1,60 grs.
19	0,94/15	4,84/20	4,96/20	1,5	incoloro	{ blancos 1,87 grs.
20	1,5 /23	7,73/25	7,92/25	1,5	incoloro turbio	{ blancos
21	6,6/100	34,0 /66	34,85/66	6,6	incoloro	{ blancos 14,2 grs.
22	9,48/145	48,82/100	50/100	—	{ digeram. coloreado	{ blancos 23,0 grs.

Los cristales obtenidos son blancos, pero durante la filtración de cantidades crecidas algunas agrupaciones de cristales amarillean precisamente en aquellos puntos donde no se succiona bien y por ello queda el producto húmedo al aire, o lo que es lo mismo, una disolución saturada mojando los cristales que se descompone rápidamente. Parece pues conveniente efectuar la separación de los cristales por filtración y su lavado lo más rápidamente posible, así como también secarles con toda prontitud, para lo cual será conveniente hacer el último lavado con éter.

De los ensayos precedentes se deduce la necesidad de evitar que la solución se acidule para que no se descomponga el tiosulfato, con formación de productos de descomposición que hacen fracasar el método de preparación. Esta acidulación no se pude corregir neutralizando previamente la solución de cloruro de oro, porque en este caso se obtienen invariablemente líquidos coloreados y con reacción alcalina, de los que no es posible cristalizar el producto puro.

Al efectuar la reducción el pH aumenta siempre disminuyendo la acidez cuando se trata de soluciones originales de cloruro de oro y llegando a la alcalinidad cuando dichas soluciones han sido neutralizadas previamente con carbonato sódico. Estas medidas aproximadas de pH las hacemos con papel indicador universal Merck. Este corrimiento de pH se explica admitiendo con F. Kohlrausch (62) que las soluciones de  $\text{Cl}_3\text{Au}$  están totalmente hidrolizadas, con lo cual el proceso de reducción en los dos casos puede representarse por las reacciones:



También nos ocurre, en lugar de producir en primer término la reducción del  $\text{Cl}_3\text{Au}$ , vertiéndolo sobre la disolución de ioduro sódico y luego el resultado de esta operación sobre la de tiosulfato, preparar una disolución mezcla del tiosulfato y ioduro en las mismas proporciones que en los dos ensayos anteriores y verter sobre esta disolución directamente la de  $\text{Cl}_3\text{Au}$ , ya que al parecer todas las condiciones de la reacción pH etc., se mantienen las mismas y operando así eliminamos una de las fases intermedias.

Hicimos así la experiencia 23 con disolución de cloruro de oro (1,5 gramos de oro en 23 cc.) y mezcla de las de ioduro y tiosulfato con 7,73 y 7,92 grs. en 25 cc. respectivamente. Repetimos la preparación en los ensayos 24 y 25 con resultados poco satisfactorios como se ve en la tabla XI.

TABLA XI.—ENSAYOS CON MEZCLA DE IODURO Y TIOSULFATO

	Solución oro grs./cc.	Solución ioduro grs./cc.	Solución tiosulf. grs./cc.	CO <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> cc.	Líquido final	Proporción agua alcohol	Cristales
23	1,5/23	7,73/25	7,92/25		{ amarillento		{ coloreados
24	1,0/15	5,15/15	5,28/15	3,2	{ coloreado	1/3	{ coloreados 2,10 grs.
25	1,0/15	5,15/15	5,28/15	8,0	{ coloreado	1/3	{ coloreados

Como quiera que con solución neutralizada de cloruro de oro se obtienen siempre líquidos coloreados, y si se prescinde de la neutralización previa, es preciso controlar y corregir continuamente el pH, lo cual hace engorroso el procedimiento, dispusimos experiencias para observar la influencia del pH sobre las sustancias utilizadas y los productos de reacción.

### Influencia del pH

Determinamos la estabilidad de disoluciones de tiosulfato sódico, de la misma concentración que las que empleamos, al variar su pH por adición de hidróxido sódico y ácido clorhídrico. Dispusimos en sendos tubos de ensayo disoluciones de pH:

9 ; 8 ; 7 ; 6,5 ; 6 ; 5,5 ; 5 ; 4,5 ; 4

Las seis primeras o sea hasta la de pH 5,5 inclusive, que es disolución de tiosulfato en el agua destilada, se mantienen transparentes y sin signo de descomposición indefinidamente, mientras que en los tres últimos de pH 5, 4,5 y 4, en seguida se produce desprendimiento de  $\text{SO}_2$  y aparición de turbidez de azufre, que aumenta con la acidez.

*De aquí podemos deducir que en la reacción con el tiosulfato el pH debe mantenerse siempre superior a 5,5 para evitar su descomposición.*

En el ensayo 26 (tabla XII) la reducción se verifica agregando solución de oro ácida, de pH aproximadamente 2, mientras en el 27 se ha neutralizado previamente hasta pH 7. Los dos líquidos de reducción presentan coloración intensa, casi negra, pero distinta en ambos casos ya que en el primero se aprecia claramente el color de la disolución de iodo en ioduro mientras en el segundo tiene un tinte rojizo que recuerda al del  $\text{Cl}_3\text{Au}$ .

TABLA XII

Ens. n.º	Solución oro grs./cc.	Solución ioduro grs./cc.	Na OH pH	ClH 3 N	Solución tiosulf. cc.	Líquido final grs./cc.	Proporción agua alcohol	Cristales
26	0,33/5	1,72/6	6,5	—	1,76/6	incoloro	1/2	{ blancos 0,55 grs.
27	0,33/5	1,72/6	5,5	—	1,76/6	{ incoloro turbio	1/2	{ blancos 0,30 grs.
28	0,33/5	1,72/6	6	—	1,76/6	incoloro	1/2	{ blancos 0,40 grs.

La intensa coloración de los líquidos dificulta la determinación de pH con el papel indicador universal. Para salvar esta dificultad, a una pequeña porción de los líquidos en sendos tubos de ensayo, agregamos poco a poco pequeños cristalitos de tiosulfato sódico justamente hasta quitar el

color de iodo, con lo que en el ensayo 26 nos queda un líquido totalmente incoloro y en el 27 débilmente amarillo, que permiten apreciar fácilmente, el pH, resultando ser 3 y 10. Los mismos valores se obtienen humedeciendo primero el papel indicador con los líquidos problemas y a continuación con una varilla mojada en disolución de tiosulfato para quitar el color del iodo.

La coloración amarilla del ensayo 27 así como el aspecto que presenta, nos hace sospechar que la reducción no ha sido completa, hecho confirmado porque con solo acidular con clorhídrico se observa que queda iodo en libertad.

Corregimos los pH 3 y 10 de los ensayos 26 y 27 con sosa y clorhídrico respectivamente hasta 6,5 y 5,5 y a continuación agregamos a las disoluciones de tiosulfato; la reacción marcha perfectamente obteniéndose en ambos casos líquidos incoloros, pero mientras en el 26 es a la vez transparente, en el 27 presenta pequeña turbidez. En el ensayo 28, se efectúa la reducción con solución de oro a un pH 6 y al agregar el líquido resultante, que queda alcalino, sobre el tiosulfato inmediatamente aparece el color amarillo como ocurría en el 27; este color amarillo desaparece con un cristalito de ioduro sódico lo que confirma nuestra anterior sospecha de que era debido a ión áurico sin reducir. Acidulando esa misma solución alcalina hasta un pH 6, agregándole sobre el tiosulfato da un líquido incoloro.

De lo dicho se infiere: *Que para producir la reducción deben emplearse las disoluciones corrientes de cloruro áurico de pH marcadamente acido y el producto resultante de la reducción debe neutralizarse a un pH comprendido entre 5,5 y 6,5, que constituye la zona de pH en que la reacción con el tiosulfato para formar el aurotiosulfato se produce perfectamente, sin que se originen las perturbaciones que lleva consigo el uso de disoluciones de pH inferior o superior a estos límites.*

Juntamente con estos, dispusimos otros ensayos para ver el pH más conveniente en la cristalización del complejo, cuyas disoluciones acuosas sabemos de antemano, son inestables, A. Rius y Miró (63). Disolvemos 2,5 grs. de aurotiosulfato sódico puro en 50 cc. de agua y de esta disolución colocamos en sendos tubos de ensayo 10 cc. modificando el pH por adición de ácido clorhídrico y de hidróxido sódico. Las descomposiciones observadas se resumen en la tabla XIII.

Nos inclinamos a creer que estos compuestos de descomposición, que presentan distinto aspecto en ambos casos, son el sulfuro auroso, A. Rius y Miró (1. c. 63) y el hidróxido de oro. Los dos se presentan en estado coloidal, variando el tamaño de la micela en cada caso y con el tiempo, desde las que pasan los ultrafiltros Bechold hasta las que pueden filtrarse por filtro de papel, cuando pasado cierto tiempo desde la preparación coagulan las micelas y se deposita el precipitado casi negro en un caso y rojizo en el otro.

*La simple observación del cuadro nos indica que la mayor estabilidad de las disoluciones de aurotiosulfato se encuentra en la región de pH 5,5-7.*

TABLA XIII

Tubos n. <sup>o</sup>	pH			A S P E C T O				
	Inicial	15 horas	Varios días	1/2 hora	1 y 1/4 h.	1 y 3/4 h.	15 horas	Varios días
1	3	1,5	1	{ Algo amarillo	Turbio naranja	Turbio naranja	Turbio naranja	Precipitado negro
2	5,5	5,5	5,5	Incoloro	Incoloro	Algo turbio		Id.
3	7	6	5,5	Incoloro	Incoloro	Algo turbio		Id.
4	8,5	7	6,5	{ Turbio coloreado	Turbio coloreado	Turbio coloreado		Precipitado rojizo
5	10	10		Id.	Id.	Id.		Id.

PEQUEÑAS VARIACIONES EN LA MANERA DE OPERAR

---

Fijadas ya las condiciones más importantes según las cuales la reacción transcurre de manera conveniente, tratamos de observar si pequeñas modificaciones en la manera de operar o el uso de alguna otra materia prima podrían tener algún interés en la mejora del método.

Así, por ejemplo, utilizamos, en lugar del  $\text{Cl}_3\text{Au}$  empleado por nosotros ordinariamente, ácido cloroáurico del comercio  $\text{AuCl}_4\text{H} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  de la casa Panreac. *Esta experiencia 29 contenida en la Tabla XIV nos dice que la preparación a partir de esta sustancia no implica inconveniente alguno.*

En los ensayos 30 y 31, en lugar de verter la solución de cloruro de oro sobre la de ioduro sódico, se opera a la inversa. Se observa, como es natural, la precipitación del  $\text{IAu}$  que se redissuelve en exceso de ioduro sódico. *Por lo demás la reacción tiene lugar como en el método usual.*

En algunas ocasiones para evitar el exceso de dilución del aurotiosulfato sódico obtenido y teniendo en cuenta que para producir la cristalización hay que añadir alcohol, creímos conveniente observar si la reducción se podría llevar a cabo con disolución alcohólica de ioduro sódico en lugar de acuosa; a este objeto verificamos el ensayo 32. *La operación se produce normalmente.* Así mismo hicimos la experiencia 33 análoga a la anterior sin otra modificación que la de verter sobre la disolución de cloruro de oro el ioduro sódico disuelto en alcohol; *en este caso se observa que una buena parte del IAu formado se descompone.*

Hemos repetido la manera de operar de la experiencia 32 en los ensayos 34 a 38; además este último se ha verificado todo él a la luz roja en cuarto oscuro. En la Tabla XIV se recogen los buenos resultados obtenidos; *no se observa diferencia alguna entre el producto preparado en cuarto oscuro y el resto de las preparaciones.*

*Como resumen de todo lo anterior, damos las condiciones más convenientes en la preparación del aurotiosulfato sódico resumidas en la siguiente receta:*

Una disolución acuosa de  $\text{Cl}_3\text{Au}$  o  $\text{AuCl}_4\text{H}$  de un pH aproximado 2 y 4, respectivamente, cuya riqueza en oro es de 1,00 gr. en 15 cc. se agrega lentamente y con agitación sobre otra disolución acuosa o alcohólica de  $\text{IAu}$  que tiene 7 grs. en 25 cc.; el líquido resultante, que queda ácido, se neutraliza con solución de hidróxido sódico hasta un pH 6 y luego se vierte poco a poco y agitando sobre disolución de 5,28 grs. de  $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en 20 cc. de agua. Se filtra y se añade alcohol hasta que la proporción de agua/alcohol sea de 1/3 y se deja cristalizar. Se filtran los cristales sobre placa filtrante de porosidad 1 a vacío y se lavan primero con agua-alcohol de la composición del líquido madre, después con alcohol y, finalmente, con éter; se escurre bien y se secan a vacío. El rendimiento es superior al 90 %.

El producto así obtenido no necesita de ulterior purificación según se ve en la Tabla XV que recoge los análisis de diversas muestras, verificadas según el método de K. L. Mc. Cluskey y L. Eichelberger (1. c. 7) seguido también por A. Rius y Miró (1. c. 63).

Las microfotografías de las figuras 1 a 7, lámina 1, corresponden a muestras tomadas al azar, de diversas preparaciones.

---

TABLA XIV.—EXPERIENCIAS CON PEQUEÑAS MODIFICACIONES DE LA MANERA DE OPERAR

Ens. n.º	Solución oro grs./cc.	Solución I Na grs./cc.	Na CH 3 N	Solución tiosulf. grs./cc.	Líquido final	Proporción agua - alcohol cc.	Cristales
29	0,5/7,5	Hasta rediso- lución	pH 6		Incoloro		Blancos
30	1,0/15	7,3/14,5	pH 6	5,28/20	Id.	50/150	Id.
31	1,0/15	7,3/14,5	pH 6	5,28/20	Id.	40/160	Id.
32	1,0/15	7,5/30	pH 6	5,28/20	Id.	30/135	Id.
33	1,0/15	7/25	pH 6	5,28/20	Id.	30/150	Id.
34	1,0/15	7/25	pH 5,5	5,28/20	Id.	40/180	Id.
35	1,0/15	7/25	pH 6	5,28/20	Id.	68/210	Id.
36	1,0/15	7/25	pH 6	5,28/20	Id.	54/195	Id.
37	1,0/15	7/25	pH 6	5,28/20	Id.	42/100	Blancos 2,25 grs.
38	1,0/15	7/25	12,0 c.c.	5,28/20		42/100	Blancos 2,41 grs.

TABLA XV.—ANÁLISIS DEL AUROTIOSULFATO SÓDICO

Muestra n. <sup>o</sup>	MUESTRA grs.	Au grs.	SO <sub>4</sub> Ba grs.	Au %	S %
Teórico					
	10 = vidrio + 3,1774	16 = crisol + 1,7998	16 = crisol + 2,4759	37,46	24,36
	10 = Id. + muestra + 2,8729	16 = Id. + Au + 1,6870	16 = Id. + SO <sub>4</sub> Ba + 1,9402		
1	muestra = 0,3045	Au = 0,1128	SO <sub>4</sub> Ba = 0,5357	37,04	24,16
	15 = vidrio + 2,3076	16 = crisol + 2,3066	16 = crisol + 2,7498		
	15 = Id. + muestra = 2,0139	16 = Id. + Au + 2,1978	16 = Id. + SO <sub>4</sub> Ba + 2,2276		
2	muestra = 0,2942	Au = 0,1102	SO <sub>4</sub> Ba = 0,5222	36,98	24,39
	15 = vidrio + 2,2335	16 = crisol + 2,2593	16 = crisol + 1,9132		
	15 = Id. + muestra + 1,7763	16 = Id. + Au + 2,0890	16 = Id. + SO <sub>4</sub> Ba + 1,1086		
3	muestra = 0,4572	Au = 0,1703	SO <sub>4</sub> Ba = 0,8056	37,24	24,20
	15 = vidrio + 3,1774	16 = crisol + 1,8000	16 = crisol + 2,4756		
	15 = Id. + muestra + 2,4483	16 = Id. + Au + 1,5289	16 = Id. + SO <sub>4</sub> Ba + 1,1866		
4	muestra = 0,7291	Au = 0,2711	SO <sub>4</sub> Ba = 1,2890	37,18	24,28
	15 = vidrio + 2,3076	16 = crisol + 2,3072	16 = crisol + 2,7496		
	15 = Id. + muestra + 1,5480	16 = Id. + Au + 2,0241	16 = Id. + SO <sub>4</sub> Ba + 1,4043		
5	muestra = 0,7596	Au = 0,2831	SO <sub>4</sub> Ba = 1,3453	37,27	24,31
	15 = vidrio + 2,2335	16 = crisol + 2,2596	16 = crisol + 1,9131		
	15 = Id. + muestra + 1,5352	16 = Id. + Au + 1,9998	16 = Id. + SO <sub>4</sub> Ba + 0,6791		
6	muestra = 0,6983	Au = 0,2598	SO <sub>4</sub> Ba = 1,2340	37,20	24,27
	15 = vidrio + 1,8758	16 = crisol + 1,8234	16 = crisol + 2,1213		
	15 = Id. + muestra + 1,1086	16 = Id. + Au + 1,5372	16 = Id. + SO <sub>4</sub> Ba + 0,7677		
7	muestra = 0,7672	Au = 0,2862	SO <sub>4</sub> Ba = 1,3546	37,31	24,25

I

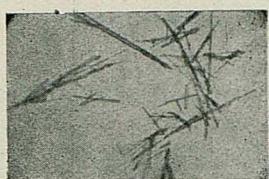


FIGURA 1

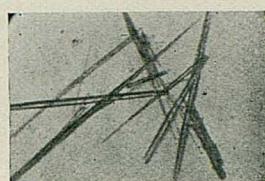


FIGURA 2

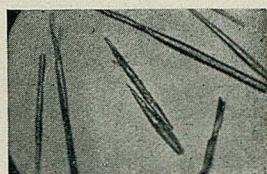


FIGURA 3



FIGURA 4

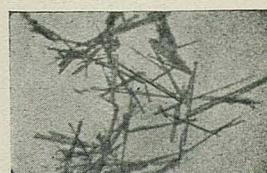


FIGURA 5



FIGURA 6

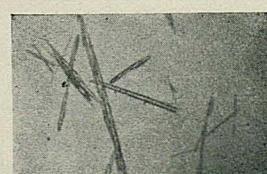


FIGURA 7

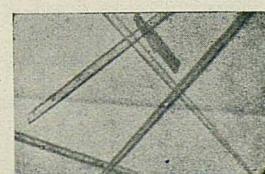


FIGURA 8

### 3. — RECRYSTALIZACIÓN DEL AUROTIOSULFATO SÓDICO

Para el estudio de la estructura cristalina del aurotiosulfato sódico nos interesaba preparar cristales de mayor tamaño que los obtenidos en primera cristalización y que además la formación de estos cristales fuera lo más perfecta posible, es decir, obtener cristales únicos.

Pensamos para ella hacer recristalizaciones lentas del producto, que presentan el inconveniente de que la descomposición de las soluciones del aurotiosulfato sódico avanza a medida que pasa el tiempo. Por esto hicimos unas experiencias encaminadas a determinar la estabilidad en función de la concentración, o la posible estabilización, de acuerdo con los datos bibliográficos reseñados (1. c. 17, 18 y 19). Los resultados se resumen en la Tabla XVI.

TABLA XVI

Tubos Ens.	Solución aurotios. 10 % pH 6 cc.	Agua cc.	Solución tiosulf. 1,82% cc.	CIH	Na CH	A S P E C T O	
						A las 48 horas	A las 92 horas
1	1					coloreado	coloreado
2	1	1				incoloro	incoloro
3	1	2				incoloro	incoloro
4	1	3				incoloro	incoloro
5	1	5				incoloro	incoloro
6	1		pH 1			precipit.	precipit.
7	1			pH 9		ligero color	ligero color
8	1	1				incoloro	incoloro
9	1	2				incoloro	incoloro
10	1	3				incoloro	incoloro
11	1	1	pH 7			incoloro	incoloro
12	1	2	pH 7			incoloro	incoloro
13	1	3	pH 7			incoloro	incoloro

Se deduce que las concentraciones han de ser inferiores al 5 % y en ellas el pH entre 6 y 7.

De acuerdo con esto, operando con disoluciones al 5 % con un pH entre 6 y 7 y en la oscuridad se han logrado recristalizaciones satisfactorias

para nuestro objeto. Los cristales obtenidos en estas recristalizaciones lentas si bien tienen un tamaño y formación adecuados, según se aprecia en la microfotografía de la figura 8 que corresponde a cristales tomados al azar, nunca han tenido la blancura y el brillo de los obtenidos en primera cristalización o en recristalizaciones rápidas. De ordinario tales cristales tienen un ligerísimo tono amarillo que denota descomposición, pero ésta es tan pequeña que el análisis químico no aprecia diferencia en la composición, como se ve en la Tabla XVII.

#### 4.— DENSIDAD DEL AUROTIOSULFATO SÓDICO

Hemos determinado la densidad del producto, dato éste que no hemos encontrado en la bibliografía, por el método del frasco empleando como líquido, alcohol absoluto en el que la sustancia es insoluble. La densidad del alcohol empleado resultó ser 0,7897 y 0,7893 para temperaturas de 21°<sup>2</sup> y 21°<sup>6</sup>, respectivamente, según se desprende de los datos que contiene la Tabla XVIII. Encontramos como media de dos determinaciones para la densidad del aurotiosulfato sódico el valor 3,09<sub>9</sub>; los detalles de las pesadas se dan en la Tabla XIX.

TABLA XVII.—ANÁLISIS DE AUROTIOSULFATO DE RECRYSTALIZACIÓN LENTA

MUESTRA grs.	Au grs.	$\text{SO}_4\text{Ba}$ grs.	Au %	S %
8 = vidrio + 1,1772	16 = crisol + 2,4743	16 = crisol + 2,7495		
8 = Id. + muestra + 0,8636	16 = Id. + Au + 2,3574	16 = Id. + $\text{SO}_4\text{Ba}$ + 2,1988		
muestra = 0,3136	Au = 0,1169	$\text{SO}_4\text{Ba} = 0,5507$	37,28	24,12 %

TABLA XVIII.—DENSIDAD DEL ALCOHOL

Determi-nación n. <sup>o</sup>	°C	Peso del agua grs.	Densidad agua a t. <sup>o</sup>	Volumen del frasco cc.	°C	Peso del alcohol	Densidad del alcohol a t. <sup>o</sup>
1	26 <sup>o</sup> 9	60 = frasco I + 29,1115			21 <sup>o</sup> 2	60 = Id. + alcohol + 9,3862	
		agua = 24,8918	0,99664	24,9757		alcohol = 19,7253	0,7897
		60 = frasco 2 + 29,3012				60 = frasco 2 + 29,3012	
2	26 <sup>o</sup> 6	60 = Id. + agua + 4,4201			21 <sup>o</sup> 6	60 = Id. + alcohol + 9,5954	
		agua = 24,8811	0,99672	24,9630		alcohol = 19,7058	0,7893

TABLA XIX.— DENSIDAD DEL AUROTIOSULFATO SÓDICO  $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2] \text{Na}_3\cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Determi-nación n. <sup>o</sup>	Muestra	°C	$P' - P''$	$V = \frac{\text{muestra} + P' - P''}{\text{densidad alc. c. c.}}$	Densidad	Densidad valor medio
1	60 = frasco 1 + 29,1115	21°2	60 = $P'$ + 9,3862	0,4043	3,10 <sub>0</sub>	3,09 <sub>0</sub>
	60 = Id. + muestra + 27,8581		60 = $P''$ + 8,4521			
2	muestra = 1,2534		$P' - P'' = -0,9341$	0,5131	3,09 <sub>7</sub>	3,09 <sub>7</sub>
	60 = frasco 1 + 29,3012		60 = $P'$ + 9,5954			
	60 = Id. + muestra + 27,7119	21°6	60 = $P''$ + 8,4111			
	muestra = 1,5893		$P' - P'' = -1,1843$			

V=volumen de la muestra; P'=peso frasco con alcohol; P''=peso del frasco con la muestra y el alcohol.

V

### OTROS AUROTIOSULFATOS

De otros aurotiosulfatos solamente los de bario, calcio y amonio, se encuentran descritos en la bibliografía; el de bario fué preparado ya por Fordos y Gelis (1. c. 1) tratando una disolución de aurotiosulfato sódico con cloruro bárico y precipitado con alcohol; se presenta como un precipitado blanco gelatinoso de tipo más bien amorfo. El de calcio lo preparó cristalizado J. Martín Sauras (64) y en forma no cristalina M. M. Picón (65) y éste mismo prepara el de amonio.

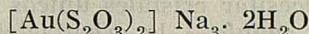
*Nosotros hemos logrado preparar el aurotiosulfato de bario en forma cristalina por primera vez, dejando evaporar disoluciones acuosas del producto gelatinoso descrito por Fordos y Gelis.*

*Aplicando la receta de preparación que damos para la sal sódica al potasio, sustituyendo las sustancias correspondientes, la reacción marcha perfectamente; se ha obtenido el producto en forma cristalina, pero la cristalización no resulta tan sencilla como en el caso del sodio.*

Más adelante pensamos hacer un estudio detallado de estos dos compuestos.

## SEGUNDA PARTE

### ESTRUCTURA CRISTALINA DEL AUROTIOSULFATO SODICO



#### V I

#### ESTUDIO POR RAYOS X

##### 1. — OBTENCIÓN DE RÖNTGENOGRAMAS

La primera dificultad que se presenta al intentar este estudio de la estructura cristalina por rayos X es la de que, siendo la sustancia sensible a la radiación visible, es de suponer que lo sea también a los rayos X. Efectivamente en los cristales utilizados se aprecia un ligero tinte, indicio de alguna descomposición, pero ésta es tan pequeña que no influye para nada en las constantes cristalográficas. Así lo comprueba el hecho de que con todos los röntgenogramas, desde el primero al último, obtenidos con un mismo ejemplar, se alcanzan idénticos resultados a pesar de que, en algún caso los röntgenogramas suman en número de 50 con un total de horas de exposición que excede del ciento. A su vez estos resultados coinciden al operar con ejemplares de diversas preparaciones nuestras y otras comerciales como el "orosanil" de la casa Abelló. En este caso, debido al pequeño tamaño del cristal es preciso dar mucha mayor exposición para tener la misma intensidad en el röntgenograma.

Hemos utilizado como manantial de rayos X un tubo iónico tipo Hadding con su correspondiente instalación de vacío y en unas condiciones aproximadas de funcionamiento de 7 a 8 miliamperios y 40 a 50 kilovoltios que no describimos por ser sobradamente conocido. La exposición varía mucho de unas películas a otras según el método empleado y la distinta intensidad del haz de rayos X debida al desgaste del cátodo. Los anticátodos empleados son los de cobre y cromo y hemos tomado para las longitudes de onda los valores

$$\lambda_{\text{Cu}} = 1,539 \text{ \AA}$$

$$\lambda_{\text{Cr}} = 2,286 \text{ \AA}$$

deducidos de los valores que da M. Siegbahn (66) para las rayas  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  separadamente.

La observación microscópica de los cristales de aurotiosulfato, pone de manifiesto como hábito casi exclusivo, el prisma alargado de base

romboidal (fig. 9, A); y el prisma de aristas concurrentes (fig. 9, B); entre muchísimos cristales observados, se ha encontrado uno de la forma representada en la figura 9 C y otro en el que las bases son rombos (figuras 9, D, y fig. 10). Es de hacer notar la forma romboidal de las bases del prisma y que apenas se encuentran caras de este tipo bien formadas, que por su inclinación repetida en diversos ejemplares pudieran darnos orientación sobre los ángulos cristalográficos.

Se puede presumir, con toda probabilidad en este caso, que el único método capaz de resolver el problema ha de ser el de Weisseberg, pero careciendo de cámara para ello y teniendo en cuenta las ventajas del de Debye-Scherrer por no necesitar cristales únicos bien formados ni presentar ninguna dificultad en cuanto a la orientación, comenzamos por ensayar este último método.

Hicimos diagramas de Debye utilizando una pequeña cantidad de sustancia finamente pulverizada, que mezclamos con una gota de bálsamo de Canadá formando así una pasta con la que recubrimos uniformemente un hilito de cuarzo fundido; otras veces el polvo cristalino llenaba un tubito de colodión de 0,5 mm. de diámetro. Empleamos una cámara construida por los talleres "Laguna de Rins S. A." de Zaragoza, siguiendo indicaciones del profesor J. Cabrera (67).

Tuvimos que desechar el método, pues a pesar de una larga exposición, los diagramas apenas presentan unos cuantos anillos débiles en la parte central.

Continuamos el estudio por el método del cristal giratorio e hicimos diagramas estratificados orientando el cristal según el eje de la aguja correspondiente al *c* de la figura 11 y luego de manera que el eje de giro coincidiera con la diagonal menor y fuera a la vez perpendicular al eje *c*, es decir el *b* de la figura 11; los diagramas obtenidos comprueban que se trata de orientaciones racionales. Orientamos luego el cristal de manera que el eje de giro coincidiera con la diagonal mayor y fuera perpendicular al eje *c* e hicimos diagramas variando en un tanteo sistemático esta orientación, sin que a pesar de las numerosas pruebas hechas se diera con la orientación buscada.

En otra serie de tanteos, utilizamos un cristal que presenta una base bien formada con un ángulo respecto al eje *c* de  $111^\circ$  aproximadamente, tomando como referencia de orientación dicho ángulo; tampoco obtuvimos resultado alguno.

Una vez que dispusimos de cámara Weisseberg, suministrada por el Instituto Leonardo Torres Quevedo, hicimos diagramas girando en torno a los ejes *c* y *b* encontrando para los ángulos  $\gamma$  y  $\beta$  los valores  $90^\circ$  y  $98^\circ75$  respectivamente. Orientando entonces el cristal según el eje *a* teniendo en cuenta el valor hallado para el ángulo  $\beta$  obtuvimos los correspondientes diagramas estratificados y de Weisseberg.

Considerando el valor del ángulo  $\beta$  se comprende fácilmente que no se lograra orientar anteriormente, porque los numerosos tanteos estaban siempre lo suficientemente lejos de la orientación perfecta para no arrojar ninguna luz, ya que las películas acusan claramente la variación de  $0^\circ25$  en la orientación del cristal.

En el método del cristal giratorio hemos utilizado la "gran cámara Siemens" con sus tres chasis, y el röntgengoniómetro de Weisseberg modificado por el profesor J. Torroja (68).

Todas las reproducciones de los röntgenogramas son reducciones a  $2/3$  de los originales.

II

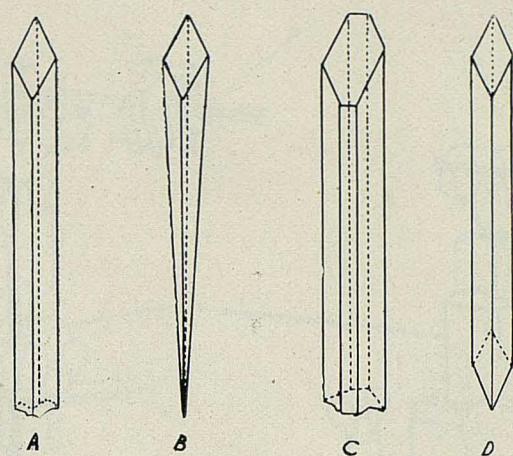


FIGURA 9



FIGURA 10

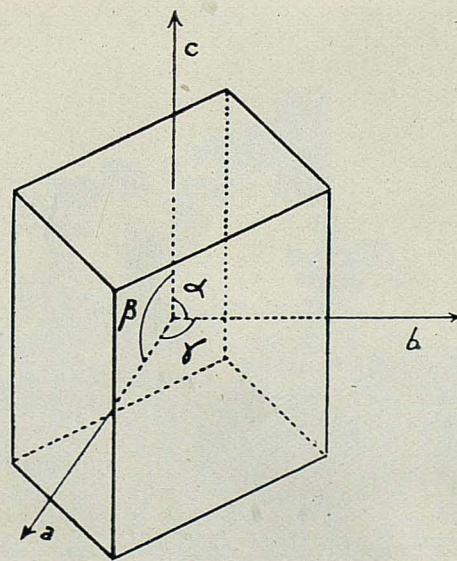


FIGURA 11

III

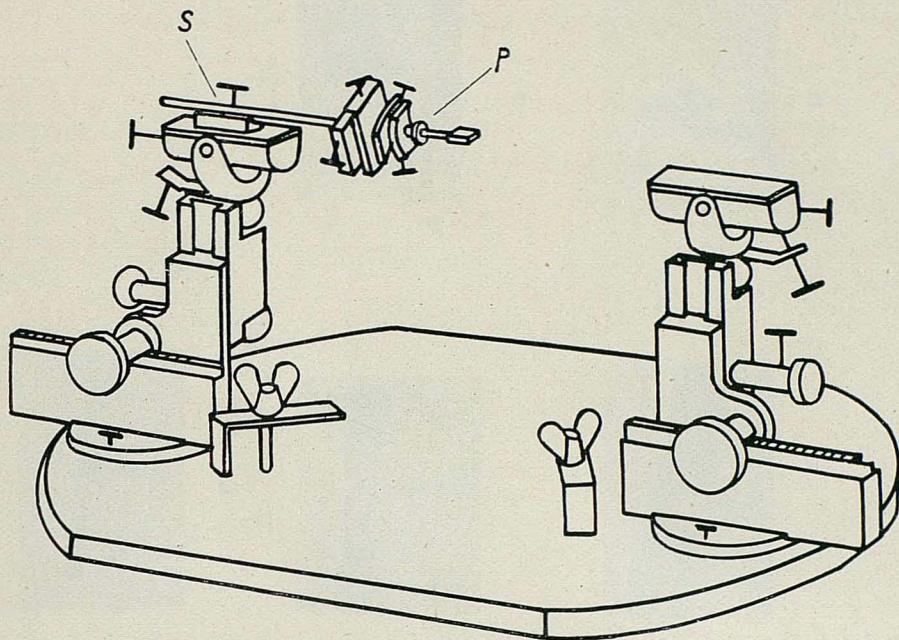


FIGURA 12

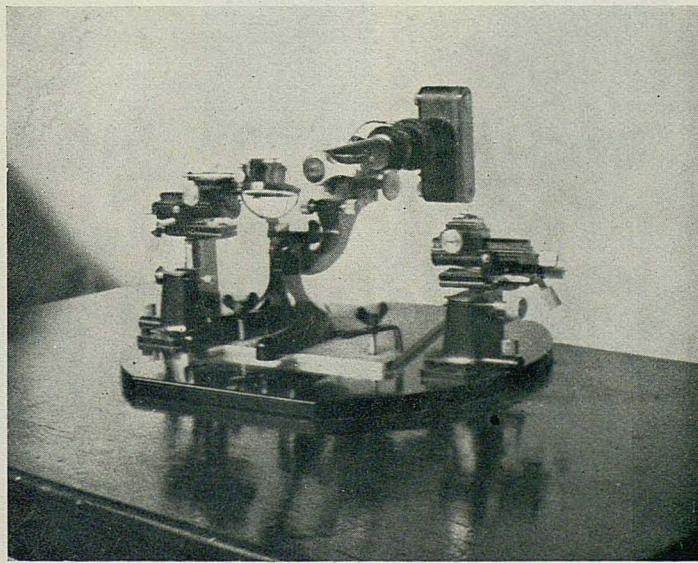


FIGURA 13

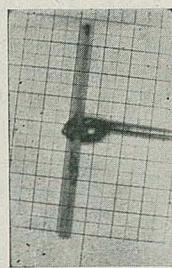
IV



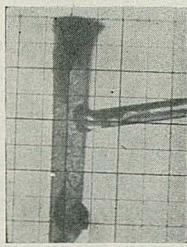
D



D



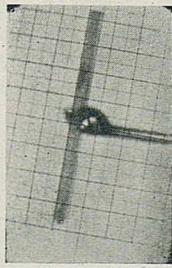
C



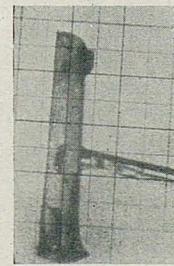
C



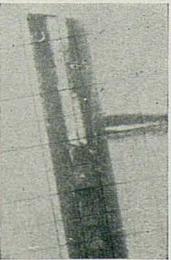
C



A



A



A

FIGURA 14

## 2. — ORIENTACIÓN DE LOS PREPARADOS

En el método de Debye-Scherrer el hilo de cuarzo recubierto de la sustancia, o el tubito de colodión conteniéndola, va sujeto sencillamente sobre un pivote con un poco de plaste, y se le centra lo mejor posible por cualquier procedimiento, ya que en este caso la orientación no presenta dificultad alguna. Nosotros hemos seguido el mismo procedimiento que en los otros métodos.

Para los diagramas estratificados y de Weissenberg pegamos el cristalito con bálsamo de Canadá en la dirección conveniente y con la mayor aproximación posible en la punta de un hilito de cuarzo fundido que a su vez se sujeta mediante plaste a una pequeña plataforma cuyo vástago enchufa en la pieza superior de una cabeza goniométrica (fig. 12 P).

Para estas operaciones de montaje hemos utilizado con éxito el aparato micromanipulador Zeis (69) (fig 12), con los correspondientes utensilios construidos según la técnica de T. Péterfi (70).

Una vez afirmado el cristalito al cabo de unas horas, procedemos a su orientación lo más perfecta posible. En nuestro caso solamente en una dirección cristalográfica (la del eje *c*) presentan los cristales cuatro caras bien formadas en zona, con reflexiones aceptables para orientarlos en un goniómetro de reflexión. En las otras dos direcciones disponemos solamente de dos caras (de ellas una, por lo menos, mal formada) muy pequeñas y con una reflexión tan deficiente que hace poco adecuado el método de orientación por reflexión con el goniómetro.

Por esto utilizamos nosotros para ello el micromanipulador señalado anteriormente. En el soporte *S* colocamos la cabeza goniométrica, mediante un tubito que hace de cojinete, de manera que pueda girar. El microscopio desprovisto de platina y otros elementos que estorban, se coloca de manera que su eje sea perpendicular al vástago de la cabeza goniométrica, es decir, a su eje de giro. El ocular del microscopio lleva una cuadrícula que es la que nos sirve de referencia en la orientación del cristal que se lleva a cabo mediante las dos correderas cilíndricas y los dos planos de traslación de la cabeza goniométrica. Sustituyendo el ocular del microscopio por una cámara fotográfica tenemos el aparato dispuesto para sacar microfotografías del cristal, en sucesivas posiciones de giro (fig. 13).

El dispositivo señalado nos sirve siempre que queramos orientar el cristal de manera que gire según una de sus direcciones señaladas o sus perpendiculares (aristas, diagonales, perpendiculares a las caras, etcétera), pero no cuando esta dirección de giro ha de formar un cierto ángulo cualquiera con aquéllas. Para esto necesitamos introducir un dispositivo adecuado para medir ángulos; de los dos procedimientos generales para medir ángulos, empleados en microscopia (71), aquí hemos de optar necesariamente por el de giro del ocular que se aprecia sobre un círculo graduado. Hemos resuelto el caso adaptando al ocular y al tubo del microscopio el limbo graduado del polarizador Zeiss.

Las microfotografías de la figura 14, I, II y III se han obtenido en sucesivas posiciones de giro A, B, C, D, con intervalo de 90°. Las de las figuras I y II corresponden a una orientación de giro según el eje *b* (figura 11) en dos ejemplares distintos; con el eje de giro según *a* (fig. 11) se han obtenido las microfotografías de la figura 14, III.

3. — MEDIDAS

Para las medidas que hemos de hacer sobre las películas disponemos de un microscopio comparador Zeiss que aprecia la centésima de milímetro, pero esta precisión y por tanto el empleo del microscopio no están indicados en toda clase de medidas. Por de pronto para emplear el microscopio los röntgenogramas han ser intensos porque si no, se pierde exactitud al no poder precisar la coincidencia del centro del retículo con las líneas o impresiones fotográficas; además es inútil querer precisar tanto porque hay otras causas de error mucho más importantes y ello hace, por ejemplo, que la distancia entre dos estratos a lo largo de una película presente variaciones, que justifican su medida con un buen decímetro.

En las medidas hechas con el microscopio, como éste sólo permite medir distancias máximas de 5 cm. colocamos la película en un chasis (fig. 15) sobre una lámina de vidrio dividida por unas señales fijas colocadas a distancias menores de 5 cm. unas de otras; estas señales fijas son pelos transversales y uno longitudinal pegados en ángulo recto con "titán", siendo muy apropiados por su finura y bordes rectos y bien definidos.

Previamente medimos de una vez para siempre las distancias entre los pelos, y luego basta con medir las pequeñas distancias entre éstos y las líneas obteniéndose con facilidad los valores de  $L$  que hemos de sustituir en la fórmula correspondiente. En la Tabla XX se da el cuadro de valores para el calibrado de la citada regla de medida. La numeración de 1 a 9 corresponde al borde izquierdo de los nueve pelos de que consta la regla, en orden correlativo de izquierda a derecha y la numeración prima se refiere al borde de la derecha.

Se han hecho dos medidas completas de la regla, una iluminando con luz artificial y otra con luz natural. Como se observa en la Tabla, los valores son concordantes a la centésima de milímetro. En ulteriores medidas hemos tenido ocasión de reunir más datos (tabla XXI) que comprueban la exactitud de las anteriores.

Con estos datos por simple suma y diferencia, calculamos diversas distancias que luego hemos de emplear en la medida de los röntgenogramas:

$$1-9 = (1-9') - (9-9') = 321,88 - 0,99 = 321,79 \text{ mm.}$$

$$2-8 = (1-9) - (1-2) - (8-9) = 321,79 - 40,64 - 40,30 = 240,85 \text{ mm.}$$

$$3-7 = (2-8) - (2-3) - (7-8) = 240,85 - 41,39 - 40,18 = 159,28 \text{ mm.}$$

$$4-6 = (3-7) - (3-4) - (6-7) = 159,28 - 41,53 - 39,30 = 78,45 \text{ mm.}$$

11'	22'	33'	44'	55'	66'	77'	88'	99'

FIGURA 15

TABLA XX.— CALIBRADO DE LA REGLA DE MEDIDA

Lecturas con luz artificial mm.	DISTANCIAS				DISTANCIAS				DISTANCIAS				Lecturas con luz natural mm.
	Pelos	mm.	Valor medio	Pelos	mm.	Valores medios	Valores medios	mm.	Pelos	Valor medio	mm.	Pelos	
1 - 2,737													1 - 5,067
1'- 2,847	1-1'	0,110	0,110	1-2	40,637	1-1'	0,111	1-2	40,636	40,634	1-2	0,112	0,112
2 - 43,374													1'- 5,179
2'- 43,481	2-2'	0,107		0,109				2-2'	0,112				2 - 45,701
2 - 2,494								2-3	41,383		2-3		2'- 45,811
2'- 2,606	2-2'	0,112											2 - 4,538
3 - 43,877													2'- 4,656
3'- 43,932	3-3'	0,055						3-3'	0,063				3 - 45,922
3'- 2,273								3-4	41,537		3-4		3'- 45,982
3'- 2,347	3-3'	0,074											3 - 4,407
4 - 43,810													3 - 4,468
4'- 43,907	4-4'	0,097						4-4'	0,100				4 - 45,937
4 - 6,881								4-5	37,332		4-5		4'- 46,035
4'- 6,980	4-4'	0,099											4 - 8,833
5 - 44,213													4'- 8,938
5'- 44,321	5-5'	0,108						5-5'	0,104				5 - 46,170
5 - 3,330								5-6	41,110		5-6		5'- 46,271
5'- 3,435	5-5'	0,105											5 - 5,120
6 - 44,440													5'- 5,224
6'- 44,549	6-6'	0,109						6-6'	0,106				6 - 46,241
6 - 5,270								6-7	39,308		6-7		6'- 46,344
6'- 5,377	6-6'	0,107											6 - 7,091
7 - 44,578													6'- 7,207
7'- 44,673	7-7'	0,095						7-7'	0,109				7 - 46,377
7 - 4,629								7-8	40,183		7-8		7'- 46,500
7'- 4,737	7-7'	0,108											7 - 6,625
8 - 44,812													7'- 6,733
8'- 44,892	8-8'	0,080						8-8'	0,084				8 - 46,806
8 - 4,921								8-9	40,301		8-9		8'- 46,889
8'- 5,014	8-8'	0,083											8 - 6,631
9 - 45,222													8'- 6,721
9'- 45,319	9-9'	0,097						9-9'	0,089		9-9'		9 - 46,933
													9'- 47,014
								321,888		321,872		321,856	

TABLA XXI

1 - 1'	2 - 2'	3 - 3'	4 - 4'	5 - 5'	6 - 6'	7 - 7'	8 - 8'	9 - 9'	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9
0,112	0,105	0,078	0,101	0,108	0,106	0,110	0,095	0,094	40,639	41,381	41,530	37,340	41,106	39,294	40,172	40,299
0,110	0,106	0,083	0,100	0,106	0,107	0,098	0,110	0,086	40,634	41,376	41,547	37,349	41,113	39,307	40,188	40,303
0,112	0,070	0,099	0,099	0,104	0,099	0,090					41,534	37,337	41,120	39,297		
0,111	0,083	0,100	0,099	0,105	0,111	0,080					41,547	37,334	41,115	39,291		
	0,080	0,100	0,104	0,110	0,110						41,533	37,318	41,104	39,301		
	0,067	0,100	0,105	0,105	0,115						41,534	37,334	41,110	39,299		
	0,080	0,096	0,100	0,110	0,114						41,540	37,346		39,303		
	0,078	0,100	0,100	0,114	0,112											
	0,078	0,097	0,104	0,112	0,112											
		0,098	0,103	0,111												
		0,100	0,104	0,110												
		0,101	0,105	0,110												
		0,102	0,102	0,110												
		0,104	0,102													

## VALORES MEDIOS

0,111	0,109	0,077	0,100	0,103	0,109	0,109	0,094	0,090	40,636	41,379	41,538	37,337	41,111	39,299	40,180	40,301
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

que coinciden con gran exactitud con los de la tabla XXIV

#### 4. — CALIBRADO DE LOS CHASIS

Necesitamos ante todo calibrar los chasis tanto de la cámara Siemens como el de la Weissemberg, operando a la inversa que en la investigación de estructuras.

a) *Calibrado de la cámara Siemens*

Utilizamos el método de Debye-Scherrer y empleamos polvo cristalino de cuarzo hialino del Delfinado empastado con bálsamo de Canadá sobre soporte de hilo de cuarzo fundido. Con sus constantes cristalinas, bien conocidas, calculamos los ángulos de reflexión, que junto con las distancias entre líneas simétricas medidas sobre las películas nos permiten calcular el radio por la expresión

$$r = \frac{360}{8\pi} \cdot \frac{L}{\theta}$$

donde  $L$  es la distancia entre dos líneas simétricas y  $\theta$  el ángulo de reflexión correspondiente. Obtenemos así un valor para cada línea y del conjunto calculamos el valor medio.

Las tablas XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXVI y XXVII contienen las medidas hechas en los röntgenogramas 1, 2, 3, 4, 5 y 6, y los cálculos para llegar al calibrado.

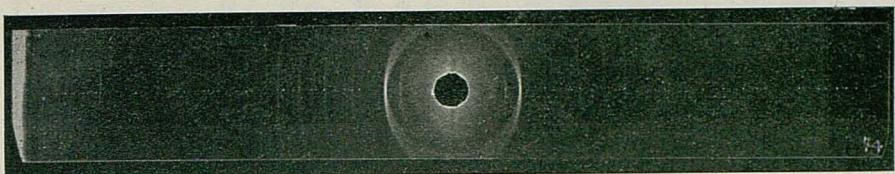
De las lecturas en el microscopio deducimos las distancias  $l$  y  $l'$  de los distintos anillos a las señales fijas de la regla más próxima, que sumadas a la distancia entre estas señales  $D$  nos da la distancia total  $L$ .

Un resumen de los resultados del calibrado se expone en la tabla XXVIII.

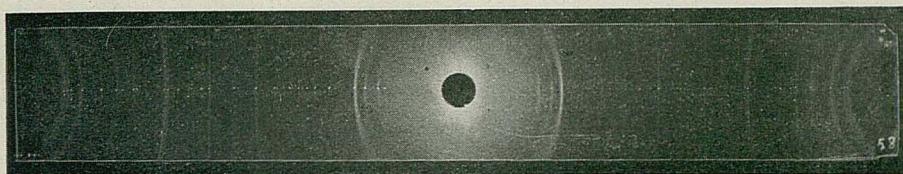
TABLA XXII.—CALIBRADO CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 1. RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 1. SUSTANCIA: CUARZO. ANTICÁTODO: CU

Indices	Lecturas		1 mm.	r mm.	D mm.	L mm.	4θ	r mm.	L L <sub>a</sub>
Señal	1,955	43,73	5,24	0,97	159,28	165,49 L <sub>a</sub>			
2 1 6 { α <sub>2</sub>	4,097	40,10	3,10	-2,65		159,73	79°31	28,85	0,9652
α <sub>1</sub>	4,74	39,48	2,45	-3,27		158,46	78°58	28,88	0,9575
2 3 4 { α <sub>2</sub>	5,94	38,33	1,25	-4,42		156,11	77°41	28,89	0,9433
α <sub>1</sub>	6,55	37,72	0,64	-5,03		154,89	76°79	28,89	0,9359
3 y 7	7,194	42,758							
4 2 1 { α <sub>2</sub>	7,78	36,55	40,95	33,10	78,45	152,50	75°65	28,89	0,9215
α <sub>1</sub>	8,26	36,16	40,47	32,71		151,63	75°11	28,92	0,9162
4 2 0 { α <sub>2</sub>	9,50	34,79	39,23	31,34		149,02	73°82	28,92	0,9005
α <sub>1</sub>	9,97	34,36	38,76	30,91		148,09	73°33	28,93	0,8949
3 3 1 { α <sub>2</sub>	10,80	33,54	37,93	30,09		146,47	72°52	29,11	0,8851
α <sub>1</sub> { α <sub>3</sub>	11,29	33,09	37,44	29,64		145,53	72°08	28,92	0,8794
2 2 5 { α <sub>2</sub>	11,69	32,65	37,04	29,20		144,69	71°65	28,93	0,8743
5 0 2 { α <sub>1</sub>									
3 3 0	13,11	31,19	35,62	27,74		141,81	70°17	28,95	0,8569
4 1 3 { α <sub>2</sub>	13,98	30,45	34,75	27,00		140,20	69°34	28,96	0,8472
α <sub>1</sub>	14,38	30,05	34,35	26,60		139,40	68°96	28,95	0,8423
2 0 6	15,12	29,25	33,61	25,80		137,86	68°23	28,94	0,8330
4 1 2	22,01	22,52	26,72	19,07		124,24	61°31	29,03	0,7507
3 1 4	23,33	21,26	25,40	17,81		121,66	60°07	29,01	0,7351
2 1 5	24,18	20,36	24,55	16,91		119,91	59°17	29,03	0,7246
4 1 1									
4 0 3 {	26,10	18,60	22,63	15,15		116,23	57°20	29,11	0,7023
3 2 2 {									

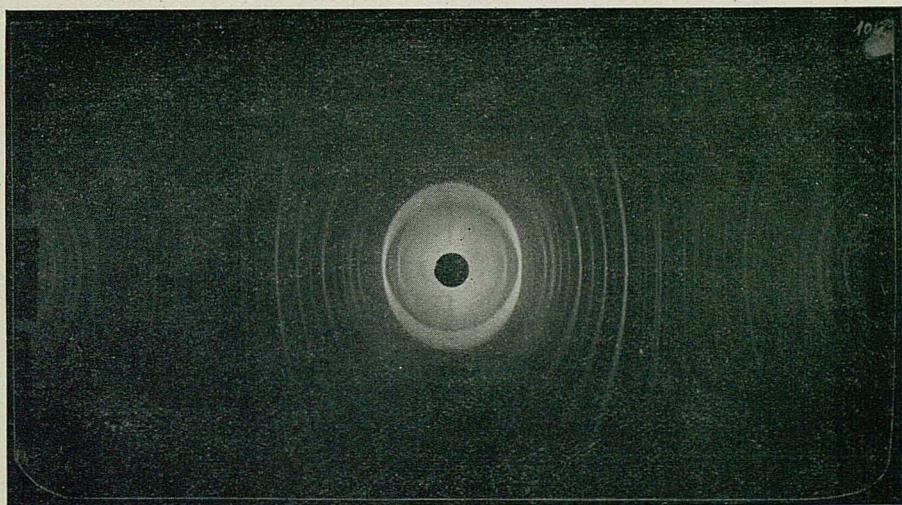
VI



RÖNTGENOGRAMMA 1



RÖNTGENOGRAMMA 2



RÖNTGENOGRAMMA 3

Indices	Lecturas	1 mm.	l' mm.	D mm.	L mm.	4 θ	r mm.	L L <sub>a</sub>
3 2 1	30,08	14,60	18,65	15,15	108,25	53°25	29,12	0,6541
2 0 5								
3 2 0	31,44	13,34	17,29	9,89	78,45	105,63	29,05	0,6383
3 0 4								
3 1 3								
1 1 5	32,31	12,55	16,42	9,10	108,97	51°23	29,07	0,6283
4 0 2								
2 2 3	34,14	10,73	14,59	7,28	100,32	49°44	29,06	0,6062
2 1 4	35,52	9,50	13,21	6,05	97,71	48°18	29,05	0,5904
4 0 1								
1 0 5	36,19	8,83	12,54	5,38	96,38	47°50	29,06	0,5824
3 1 2	38,25	6,88	10,48	3,43	92,36	45°47	29,09	0,5581
3 1 1	41,86	44,06	6,87	-0,06	85,26	41°98	29,09	0,5152
3 1 0								
1 1 4	43,19	42,77	5,54	-1,35	82'64	40°70	29,08	0,4993
2 2 1								
2 1 3	43,87	42,08	4,86	-2,04	81,27	40°03	29,08	0,4911
2 2 0	45,09	40,96	3,64	-3,16	78,93	38°88	29,08	0,4767
3 0 2	46,03	39,93	2,70	-4,19	76,96	37°87	29,11	0,4650
1 0 4	47,18	38,89	1,55	-5,23	74,77	36°78	29,12	0,4518
4 y 6	48,731	3,451						
6		44,124						
3 0 1								
2 0 3	7,90	36,13	36,11	33,12	0,00	69,23	34°07	29,11
2 1 2								
3 0 0	9,02	35,00	35,00	31,99		66,99	32°93	29,14
1 1 3	10,03	34,19	33,99	31,18		65,17	32,05	29,13
2 1 1	12,16	32,13	31,86	29,12		60,98	30°01	29,11

Indices 3 0 0	10'10 5'03	Lecturas 30'18 30'00	1	1'	D	L	$4\theta$	r	L	
			mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	$L_a$	
3 0 3										
1 0 3	{	14,66	29,57	29,35	26,56	55,91	27°58	29,04	0,3378	
2 0 2										
1 1 2		17,17	27,17	26,85	24,18	51,03	25°10	29,12	0,3084	
2 0 1		19,57	25,03	24,45	22,02	46,47	22°92	29,04	0,2808	
2 0 0		21,22	23,31	22,80	20,30	43,10	21°25	29,05	0,2604	
1 0 2		22,82	21,87	21,20	18,86	40,06	19°75	29,05	0,2421	
1 1 0		24,26	20,34	19,76	17,33	37,09	18°29	29,05	0,2241	
1 0 1		29,33	15,29	14,69	12,28	26,97	18°34	28,96	0,1630	
1 0 0		32,31	12,40	11,71	9,39	21,10	10°44	28,95	0,1275	
5 y 5		44,019	3,011							
3 1 3										
1 0 2										
3 0 1										
3 3 3	3'14	10'12	17'00	1'38		100'23	18'44	36'06	6'16'10	
4 0 3										
1 1 2	{	33,31	17,29	16,73	9,10	107'01	21'23	50'04	9,9356	
2 1 3										
3 0 4										
3 3 6		31,44	13,24	11,59	8,20	18'49	70'23	18'00	36'02	0,9321
3 0 2										
3 3 1	{	30'48	17'00	14'00	12'48	186'39	132'62	36'73	6'66'13	

TABLA XXIII.—CALIBRADO CHASIS SIEMENS N.º 1. RÖNTGENOGRAMA N.º 2. SUSTANCIA: CUARZO. ANTICÁTODO Cr

TABLA XXIV.—CALIBRADO CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 2. RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 3 SUSTANCIA: CUARZO. ANTICÁTODO Cu

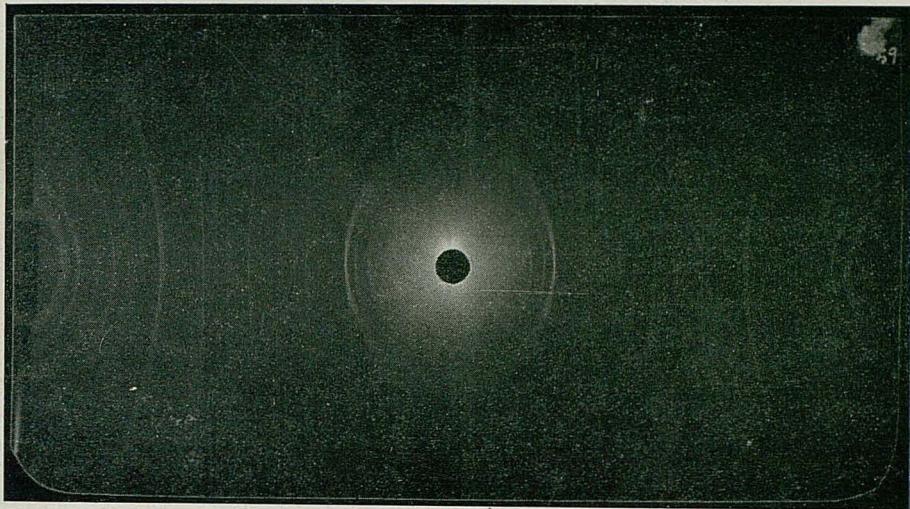
Indices	Lecturas	1 mm.	l' mm.	D mm.	L mm.	4 θ	r mm.	L L <sub>a</sub>
Señal	1,25	43,87	1,20	1,95	159,28	162,43 L <sub>a</sub>		
3 y 7	2,452	41,921						
2 1 6	2,73	40,70	41,27	38,07	78,45	157,79	78°58	28,76
2 3 4	{ α <sub>2</sub>	3,90	39,56	40,10	36,83	155,38	77°41	28,75
	α <sub>1</sub>	4,49	38,92	39,51	36,29	154,25	76°79	0,9566
4 2 1		5,69	37,78	38,31	35,15	151,91	75°62	0,9496
3 1 5		6,18	37,26	37,82	34,63	150,90	75°11	0,9352
4 2 0	{ α <sub>2</sub>	7,51	36,00	36,49	33,37	148,31	73°82	0,9291
	α <sub>1</sub>	7,96	35,43	36,04	32,80	147,29	73°33	0,9131
3 3 1	α <sub>1</sub> { α <sub>2</sub>	9,22	34,24	34,78	31,61	144,84	72°08	0,9067
2 2 5	{ α <sub>1</sub>	9,65	33,84	34,35	31,21	144,01	71°65	0,8917
5 0 2								0,8866
3 3 0		14,14	32,26	32,86	29,63	140,94	70°17	0,8677
4 1 5	{ α <sub>2</sub>	12,01	31,57	31,99	28,94	139,38	69°34	0,8581
	α <sub>1</sub>	12,37	31,14	31,63	28,51	138,59	68°96	0,8532
2 0 6		13,06	30,36	30,94	27,73	137,12	68°23	0,8442
4 1 2		20,01	23,49	23,99	20,86	123,30	61°31	0,7591
3 1 4		21,29	22,23	22,71	19,65	120,81	60°07	0,7438
2 1 5		22,14	21,38	21,86	18,75	119,06	59°17	0,7330
4 1 1								
4 0 3	{	24,02	19,45	19,98	16,82	115,25	57°20	0,7095
3 2 2								
3 2 1	{	28,12	15,54	15,88	12,91	107,24	53°25	0,6602
2 0 5								
3 2 0	{	29,33	14,28	14,67	11,65	104,77	52°09	0,6450
3 0 4								
3 1 3	{	30,18	13,44	13,82	10,81	103,08	51°23	0,6346
1 1 5								
4 0 2								

Indices	Lecturas		1 mm.	1' mm.	D mm.	L mm.	4 θ	r mm.	L J a
2 2 3	32,05	11,62	11,95	8,99		99,39	49°44	28,79	0,6119
2 1 4	33,42	10,34	10,58	7,71		96,74	48°18	28,76	0,5956
4 0 1	{	34,06	9,61	9,94	6,98				
1 0 5						95,37	47°50	28,76	0,5871
3 1 2	36,01	7,66	7,99	5,03		91,47	45°47	28,82	0,5631
3 1 1	39,68	4,14	4,32	1,51		84,28	41°98	28,76	0,5189
3 1 0	{	40,93	2,94	3,07	0,31				
1 1 4						81,83	40°70	28,80	0,5038
2 2 1	{	41,63	42,04	2,37	-0,40				
2 1 3						80,42	40°03	28,78	0,4951
2 2 0	42,78	40,91	1,22	-1,53		78,14	38°88	28,79	0,4810
3 0 2	43,89	39,92	0,11	-2,52		76,04	37-87	28,76	0,4681
4 y 6	43,999	2,630							
6		42,446							
1 0 4	6,52	38,80	36,41	37,47	0,00	73,88	36°78	28,78	0,4548
3 0 1	{								
2 0 3		9,24	36,06	33,69	34,73				
2 1 2						68,42	34°07	28,76	0,4212
3 0 0	10,34	34,99	32,59	33,66		66,25	32°93	28,82	0,4070
1 1 3	11,32	34,04	31,61	32,71		64,32	32°05	28,75	0,3960
2 1 1	13,41	32,04	29,52	30,71		60,23	30°01	28,75	0,3708
1 1 2	18,37	27,10	24,56	25,77		50,33	25°10	28,72	0,3098
2 0 1	20,64	24,96	22,29	23,63		45,92	22°92	28,69	0,2810
2 0 0	22,23	23,26	20,70	21,83		42,53	21°25	28,66	0,2618
1 0 2	23,86	21,78	19,07	20,45		39,52	19°75	28,66	0,2433
1 1 0	25,27	20,32	17,66	18,99		36,59	18°29	28,66	0,2239
1 0 1	30,24	15,30	12,69	13,97		26,66	13°34	28,63	0,1641
1 0 0	33,20	12,41	9,73	11,08		20,81	10°44	28,55	0,1281
5 y 5	42,935	1,331							
			Valor medio	....	....	....	....	....	28,76

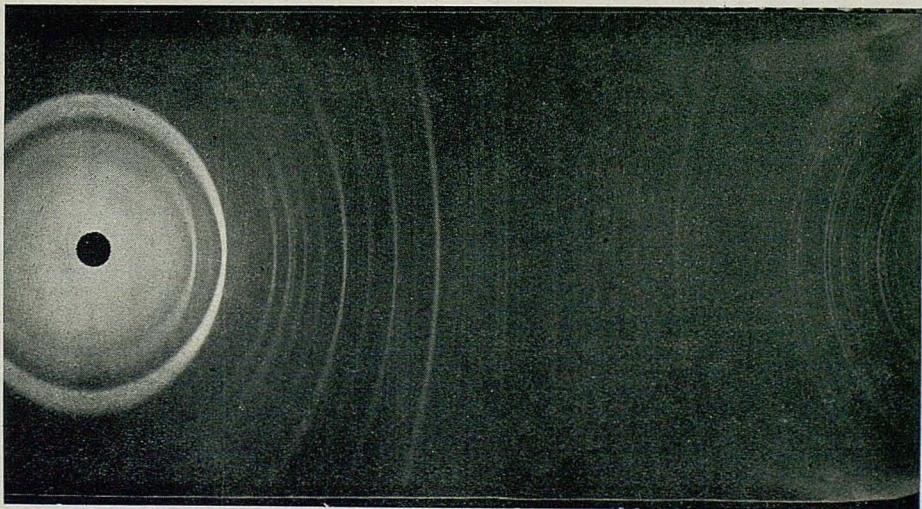
TABLA XXV.—CALIBRADO CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 2. RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 4 SUSTANCIA: CUARZO. ANTICÁTODO Cr

Indices	Lecturas	I	r	D	L	4θ	r	L
		mm.	mm.	mm.	mm.		mm.	L <sub>a</sub>
Señal	4,645	42,35	1,97	1,21	159,28	162,46 L <sub>a</sub>		
3 y 7	6,61	41,146						
3 1 0	9,32	37,50	38,82	35,66	78,45	152,93	75°97	28,83
1 1 4	10,12	36,83	38,02	34,99		151,46	75°26	28,83
2 2 1	12,34	34,44	35,80	32,60		146,85	73°03	28,80
2 1 3	12,63	34,20	35,51	32,36		146,32	72°72	28,82
2 2 0	16,42	30,40	31,72	28,56		138,73	68°85	28,86
3 0 2	19,39	27,22	28,75	25,38		132,58	65°81	28,86
1 0 4	22,28	24,34	25,86	22,50		126,81	62°82	28,91
3 0 1	{ 28,50	17,80	19,64	15,96		114,05	56°52	28,90
2 0 3								0,7020
2 1 2	28,98	17,30	19,26	15,46		113,17	55°99	28,95
1 1 3	32,91	13,44	15,23	11,60		105,28	52°05	28,97
2 1 1	36,88	9,13	11,26	7,29		97,00	48°00	28,95
2 0 2	41,53	4,42	6,61	2,58		87,64	43°26	29,01
1 1 2	45,66	40,73	2,48	-1,88		79,05	39°07	28,98
4 y 6	48,143	1,839						
6		42,614						
2 0 1	7,37	36,91	36,08	35,41	0,00	71,49	35°36	28,96
2 0 0	10,05	34,04	33,40	32,54		65,94	32°58	28,99
1 0 2	12,58	31,60	30,87	30,10		60,97	30°14	28,98
1 1 0	14,78	29,12	28,67	27,62		56,29	27°79	29,02
1 0 1	22,47	21,20	20,98	19,70		40,68	20°04	29,08
1 0 0	26,92	16,71	16,53	15,21		31,74	15°62	29,11
5 y 5	43,449	1,500						0,1954
			Valor medio				28,94	

VII



RÖNTGENOGRAMMA 4



RÖNTGENOGRAMMA 5

TABLA XXVI.—CALIBRADO CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 3. RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 5 SUSTANCIA: CUARZO. ANTICÁTODO Cu

Indices		Lecturas	1 mm.	1' mm.	D mm.	L mm.	40	r mm.	L a
Señal		0,90	52,72	6,37	6,59	321,79	334,75	L <sub>a</sub>	
1 y 9		7,275	46,131						
2 1 6	$\alpha_2$	{ 10,33	43,72	37,58	37,89	240,85	316,32	79°31	57,12
	$\alpha_1$	{ 11,87	42,31	36,04	36,48		313,37	78°58	57,12
2 3 4	$\alpha_2$	{ 14,18	39,96	33,73	34,13		308,71	77°41	57,12
	$\alpha_1$	{ 15,38	38,77	32,53	32,94		306,32	76°79	57,14
4 2 1	$\alpha_2$	{ 16,64	37,44	31,27	31,61		303,73	76°15	57,14
	$\alpha_1$	{ 17,81	36,42	30,10	30,59		301,54	75°62	57,12
3 1 5		18,78	35,44	29,13	29,61		299,59	75°11	57,14
4 2 0	$\alpha_2$	{ 21,38	32,86	26,53	27,03		294,41	73°82	57,12
	$\alpha_1$	{ 22,30	31,90	25,61	26,07		292,53	73°33	57,14
3 3 1	$\alpha_2$	{ 23,96	30,24	23,95	24,41		289,21	72°52	57,12
	$\alpha_1$	{ 24,90	29,40	23,01	23,57		287,43	72°08	57,12
2 2 5	$\alpha_2$	{ 25,78	28,53	22,13	22,70				
	$\alpha_1$	{ 28,00	26,43	19,91	20,50		285,68	71°65	0,8535
3 3 0	$\alpha_2$	{ 28,58	25,64	19,33	19,81		281,26	70°57	0,8402
	$\alpha_1$	{ 30,41	23,94	17,50	18,11		279,99	70°17	0,8364
4 1 3	$\alpha_2$	{ 31,07	23,20	16,84	17,37		276,46	69°34	0,8259
	$\alpha_1$	{ 31,82	22,44	16,09	16,61		275,06	68°96	0,8217
2 0 6	$\alpha_2$	{ 32,54	21,75	15,37	15,92		273,55	68°59	0,8172
	$\alpha_1$	{ 46,29	7,95	1,62	2,12		272,14	68°23	0,8130
4 1 2		47,909	5,828				244,59	61°31	57,14
2 y 8		5,73	46,828	40,47	40,19	159,28	239,94	60°07	0,7303
3 1 4								57,21	0,7168

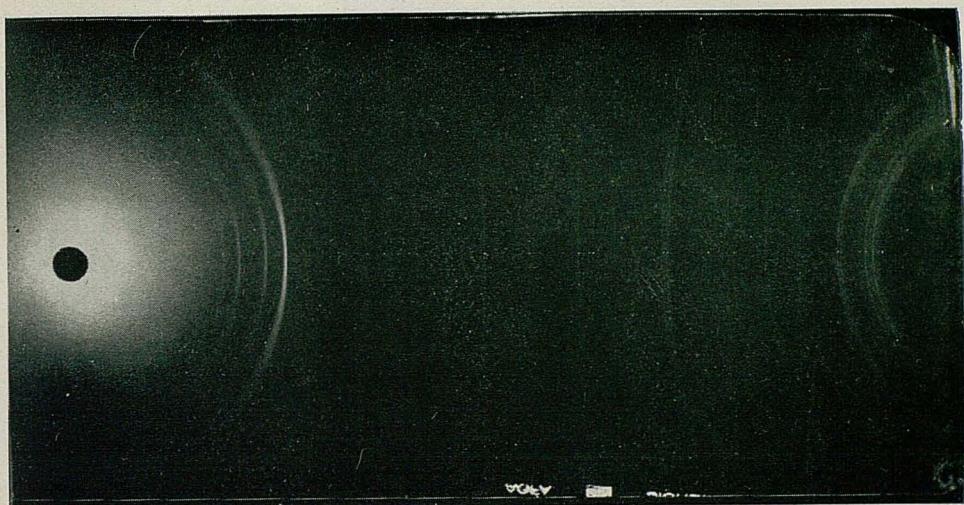
Indices	Lecturas		<u>I</u> mm.	<u>I'</u> mm.	<u>D</u> mm.	<u>L</u> mm.	<u>4θ</u>	<u>r</u> mm.	<u>L</u> <u>L<sub>a</sub></u>
2 1 5	7,72	44,81	38,48	38,17		235,93	59°17	57,11	0,7048
4 0 3	11,39	41,06	34,81	34,42		228,51	57°20	57,21	0,6826
3 2 2									
3 2 1	{ 19,26	33,26	26,94	26,62		212,84	53°25	57,25	0,6358
2 0 5									
3 2 0	{ 21,72	30,78	24,48	24,14		207,90	52°09	57,17	0,6211
3 0 4									
3 1 3	{ 23,45	28,98	22,75	22,34		204,37	51°23	57,12	0,6105
1 1 5									
4 0 2	{ 27,10	25,41	19,10	18,77		197,15	49°44	57,12	0,5889
2 2 3									
2 1 4	{ 29,81	22,93	16,29	16,27		191,84	48°18	57,04	0,5731
4 0 1	{ 31,17	21,50	15,03	14,86		189,17	47°50	57,05	0,5651
1 0 5									
3 1 2	{ 35,08	17,62	11,12	10,98		181,38	45°47	57,14	0,5418
3 1 1	{ 42,07	10,63	4,03	3,99		167,30	41°98	57,08	0,4998
3 1 0	{ 44,56	8,19	1,64	1,55		162,47	40°70	57,18	0,4853
1 1 4									
2 2 1	{ 46,14	6,81	0,06	0,17		159,51	40°03	57,08	0,4765
2 1 3									
3 y 7	{ 46,196	6,640							
2 2 0	{ 6,45	43,80	39,25	37,20	78,45	154,90	38°88	57,07	0,4627
3 0 2	{ 8,39	41,78	37,31	35,18		150,94	37°87	57,10	0,4509
1 0 4	{ 10,55	39,65	35,15	33,05		146,65	36°78	57,11	0,4881
3 0 1	{ 15,97	34,24	29,73	27,64		135,82	34°07	57,10	0,4057
2 0 3									
2 1 2									

Indices	Lecturas		I mm.	I' mm.	D mm.	L mm.	$4\theta$	r mm.	L $L_a$
1 1 3	20,00	30,31	25,70	23,71		127,86	32°05	57,14	0,3820
2 1 1	24,15	26,28	21,55	19,68		119,68	30°01	57,12	0,3575
1 1 2	33,99	16,53	11,71	9,93		100,09	25°10	57,12	0,2990
2 0 1	.38,37	12,20	7,33	5,60		91,38	22°92	57,11	0,2730
2 0 0	41,74	8,99	3,96	2,29		84,70	21°25	57,10	0,2530
1 1 1	43,96	6,76	1,74	0,16		80,35	20°17	57,07	0,2400
1 0 2	44,76	45,23	0,94	-0,67		78,72	19°75	57,10	0,2352
4 y 6	45,703	6,597							
6		45,900							
1 1 0	9,80	42,34	35,37	37,55	0,00	72,92	18°29	57,11	0,2178
1 0 1	19,70	32,43	25,47	27,64		53,11	13°34	57,02	0,1587
1 0 0	25,50	26,75	19,67	21,96		41,63	10°44	57,12	0,1244
5 y 5	45,169	4,790							
Valor medio ... ... ... ... ... ... ... ...									57,14

TABLA XXVII.—CALIBRADO CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 3. RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 6 SUSTANCIA: CUARZO. ANTICÁTODO Cr

Indices	Lecturas	<u>I</u> mm.	<u>I'</u> mm.	<u>D</u> mm.	<u>L</u> mm.	<u>4θ</u>	<u>r</u> mm.	<u>L</u> <u>L<sub>a</sub></u>
Señal	2,45	51,72	5,84	5,78	321,79	333,41 L <sub>a</sub>		
1 y 9	8,287	45,937						
3 1 0	18,78	37,47	30,15	31,73	240,85	302,73	75°97	57,08
1 1 4	20,10	36,08	28,83	30,44		300,12	75°26	57,12
2 2 1	24,89	31,40	24,04	25,76		290,65	73°03	57,01
2 1 3	25,41	30,81	23,52	25,17		289,54	72°72	57,04
2 2 0	33,17	23,29	15,76	17,65		274,26	68°85	57,05
3 0 2	39,17	17,08	9,76	11,44		262,05	65°81	57,04
1 0 4	45,16	11,34	3,77	5,70		250,32	62°82	57,08
2 y 8	48,926	5,638						
3 0 1	15,51	38,76	32,57	33,24	159,28	225,09	56°52	57,04
2 0 3								0,6751
2 1 2	16,42	37,88	31,66	32,36		223,30	55°99	57,12
1 1 3	24,38	29,98	23,70	24,46		207,44	52°05	57,08
2 1 1	32,45	21,92	15,63	16,40		191,31	48°00	57,10
2 0 2	41,95	12,65	6,13	7,13		172,54	43°26	57,12
3 y 7	48,082	5,518						
1 1 2	9,06	43,96	39,31	38,09	78,45	155,85	39°07	57,14
2 0 1	16,42	46,77	31,95	30,90		141,30	35°36	57,15
2 0 0	22,17	31,10	26,20	25,23		129,88	32°58	57,11
1 1 1	25,77	27,60	22,60	21,73		122,78	30°73	57,18
1 0 2	27,02	26,35	21,35	20,48		120,28	30°14	57,17
1 1 0	31,65	21,62	16,72	15,75		110,94	27°79	57,18
1 0 1	47,09	6,26	1,28	0,39		80,12	20°04	57,27
4 y 6	48,374	5,873						
1 0 0	18,78	40,95	29,63	32,63	0,00	62,26	15°62	57,08
5 y 5	48,411	8,320					57,11	
		Valor medio	.....	.....	.....	.....	.....	

VIII



RÖNTGENOGRAMA 6

TABLA XXVIII.—RESUMEN DEL CALIBRADO DE LOS CHASIS SIEMENS

	Chasis Siemens n.º 1			Chasis Siemens n.º 2			Chasis Siemens n.º 3		
	Con Cu	Con Cr	Valor medio	Con Cu	Con Cr	Valor medio	Con Cu	Con Cr	Valor medio
Radio en mm.	29,02	28,81	28,9	28,76	28,94	28,8 <sub>5</sub>	57,14	57,11	57,12

b) *Calibrado de la cámara Weissemberg*

Para la cámara Weissemberg hemos utilizado un cristal de cloruro sódico, operando también a la inversa a como lo haremos en la investigación de estructuras. Aquí a partir de las medidas de la coordenada  $x$  (distancias de cada mancha a la vertical central de la película) y de los ángulos de reflexión  $\theta$  conocidos, calculamos el radio  $r$  del chasis por la fórmula

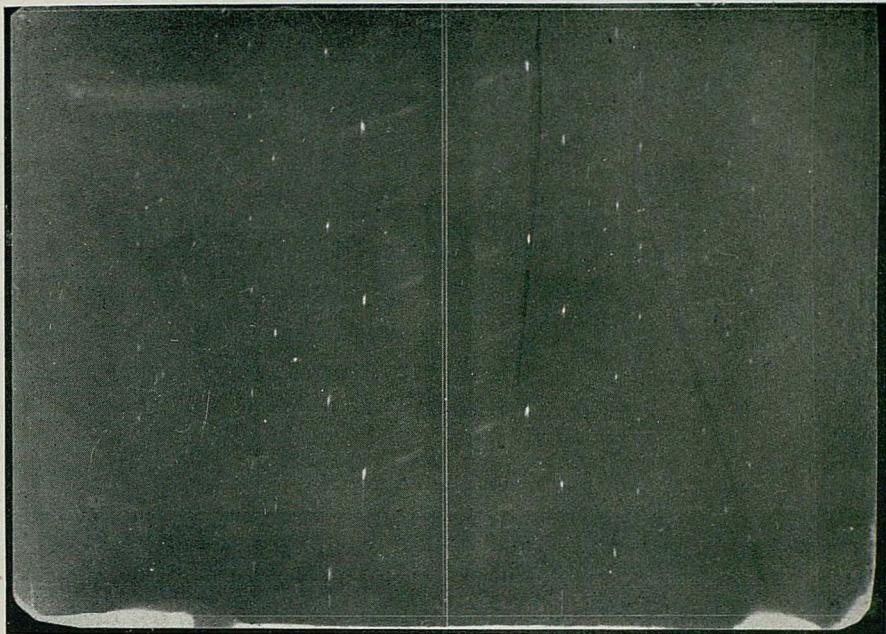
$$r = \frac{180}{\pi} \frac{x}{2\theta}$$

Midiendo distancias entre manchas que corresponden a giros del cristal de  $180^\circ$  se deduce el factor de conversión de las coordenadas  $y$  (distancias de las manchas a una horizontal arbitrariamente tomada) para calcular los ángulos de giro del cristal correspondientes a cada mancha, sin más que verificar el cociente

$$\frac{180}{Y}$$

donde  $Y$  representa el valor medio de las citadas distancias. Esta deducción se repite con cada röntgenograma en el estudio de estructuras.

La tabla XXXIX contiene los datos teóricos y experimentales para el calibrado, medidos sobre el röntgenograma n.<sup>o</sup> 7 al que corresponde el diagrama n.<sup>o</sup> 1.



RÖNTGENOGRAMA 7

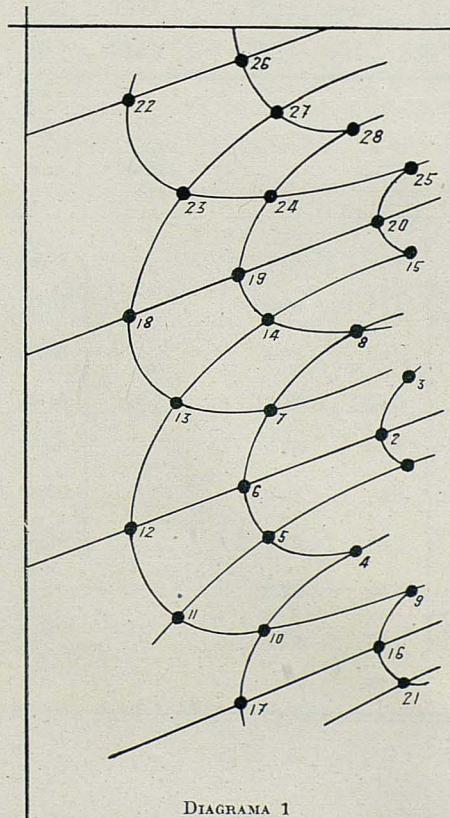


DIAGRAMA 1

TABLA XXIX.— CALIBRADO DE LA CÁMARA WEISSEMBERG.  
SUSTANCIA: ClNa. ANTICÁTODO: Cu

n.º	x m m	2 θ	y m m	φ	n.º	x m m	2 θ	y m m	φ
1	59,9	118°7	54,2	146°5	15	59,9	118°7	87,9	237°5
2	55,2	109°5	62,9	170°0	16	55,2	109°5	29,9	80°8
3	59,9	118°7	67,9	183°5	17	33,4	66°2	37,9	102°5
4	51,0	101°0	47,9	129°5	18	16,1	31°9	44,3	120°0
5	38,0	75°4	59,3	160°5	19	33,4	66°2	105,0	284°0
6	33,4	66°2	71,0	192°0	20	55,2	109°5	96,7	261°0
7	38,0	75°4	79,0	213°5	21	59,9	118°7	21,2	57°3
8	51,0	101°0	81,2	219°5	22	38,0	75°4	26,4	71°3
9	59,9	118°7	34,7	93°7	23	23,1	45°7	25,3	68°4
10	38,0	75°4	45,8	124°0	24	16,1	31°9	11,1	30°0
11	23,1	45°7	58,2	157°5	25	59,9	118°7	102,0	275°5
12	16,1	31°9	77,5	209°5	26	51,0	101°0	15,0	40°5
13	23,1	45°7	91,9	248°5	27	38,0	75°4	12,8	34°6
14	38,0	75°4	93,0	251°5	28	33,4	66°2	4,5	12°2

x m m	2 θ	r m m	r Valor medio m m	Distancias m m	Valor medio	Factor
16,1	31°7	29,10		12-22	66,4	
23,1	45°5	29,09		6-26	66,6	
33,4	66°3	28,96		5-27	66,5	
38,0	75°4	28,88	28,9	11-23	67,1	
51,0	111°3	28,85		4-28	66,2	
55,2	110°2	28,70		10-24	66,6	
59,9	119°6	28,70		17-19	66,2	
				16-20	66,8	
				9-25	66,7	
					67,3	

5.—INTERPRETACIÓN DE LOS RÖNTGENOGRAMAS

a) *Estratificados*

Hemos utilizado los röntgenogramas estratificados solamente para deducir los períodos de identidad, pues el asignar índices a las rayas resulta imposible debido a su elevadísimo número.

El período de identidad lo calculamos por la fórmula

$$I = \frac{n \lambda}{\operatorname{sen} \theta_n}$$

donde  $n$  es el orden de reflexión o posición del estrato a partir del ecuador,  $\lambda$  la longitud de onda de los rayos X y  $\theta_n$  el ángulo bajo el cual se ven, desde el cristal, los estratos  $n$  y equatorial. Se llega a conocer este ángulo experimentalmente por la expresión

$$\operatorname{tg} \theta_n = \frac{d_n}{2r}$$

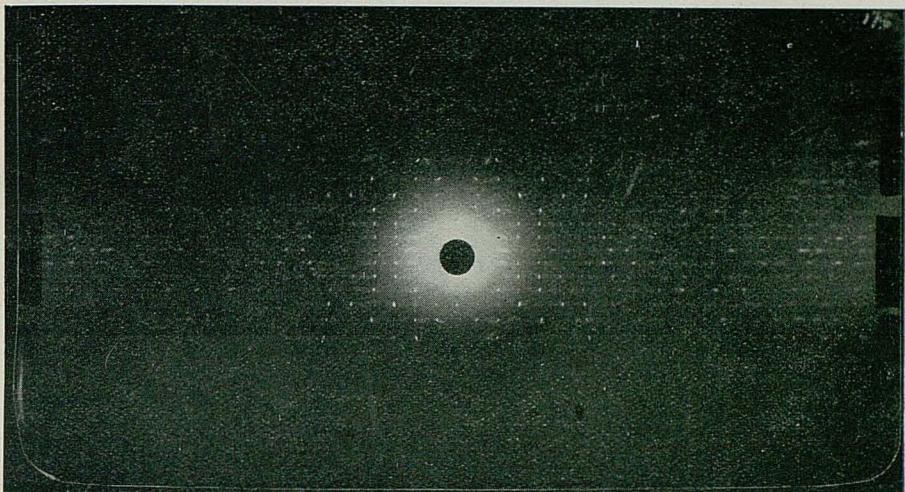
siendo  $d$  la distancia entre los estratos  $n$  y  $-n$  y  $r$  el radio de la película en el chasis.

Medimos distancias entre estratos simétricos con respecto al ecuador a lo largo de la película y el valor medio de estas medidas es el que empleamos en el cálculo.

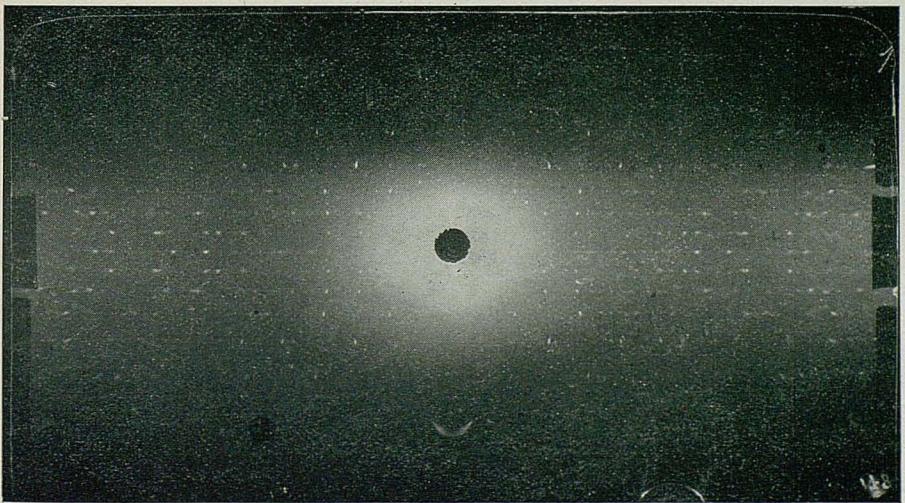
Las Tablas desde la XXX a la XLVII contienen las medidas verificadas sobre los röntgenogramas números 8 a 25, respectivamente, habiéndose suprimido el 21 y el 24 que por su poca intensidad no permiten una buena reproducción. La Tabla XLVIII resume los resultados que con estas medidas se obtienen para los períodos de identidad.

	100	20-21		01-02	10-12	10-11
	8.00	82-0		80.02	87.51	1.82
	7.00	14-3		80.82	87.00	1.62
	17.0	22-17	0.62	88.82	87.67	0.82
	2.00	22-1		88.82	89.11	0.10
07.2	10.00		0.80	97.82	97.01	2.62
		10-01		97.82	97.01	2.62
		21-17		97.82	97.01	2.62
		23-21				
		10-0				
		22-0				
		2.78				

X



RÖNTGENOGRAMMA 8



RÖNTGENOGRAMMA 10

TABLA XXX.—RÖNTGENOGRAMA N.º 8.—EJE DE GIRO a. CHASIS SIEMENS N.º 2. ANTICÁTODO: Cu

7	6	5	4	3	2	1	LECTURAS EN LOS DIVERSOS ESTRATOS										DISTANCIAS ENTRE LOS ESTRATOS mm.						
							ecuador	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	1	2	3	4	5	6	7		
4,37	8,46	11,92	15,00	18,07	20,38	23,01	25,50	27,93	30,32	32,88	35,68	38,74	42,04	45,83	4,92	9,94	14,81	20,68	26,82	33,58	41,46		
3,92	8,49	12,08	15,08	18,09	20,50	23,16	25,52	27,93	30,52	32,97	35,85	38,69	42,18	46,29	4,77	10,02	14,88	20,77	26,61	33,69	42,37		
3,74	8,30	11,75	14,98	17,77	20,38	22,90	25,34	27,91	30,29	32,87	35,68	38,62	41,97	46,26	5,01	9,91	15,10	20,70	26,87	33,67	42,52		
3,75	8,31	11,87	14,86	17,62	20,26	22,81	25,30	27,72	30,19	32,84	35,56	38,57	41,95	46,33	4,91	9,93	15,22	20,70	26,70	33,64	42,58		
4,75	8,91	12,67	15,78	18,67	21,38	23,86	26,31	28,81	31,29	33,94	36,65	39,78	43,13	47,19	4,95	9,91	15,27	20,87	27,11	34,22	42,44		
4,78	8,88	12,61	15,75	18,60	21,35	23,87	26,32	28,82	31,33	33,90	36,64	39,62	43,21	47,21	4,95	9,98	15,30	20,89	27,01	34,33	42,43		
4,76	9,07	12,74	15,81	18,68	21,31	23,84	26,35	28,74	31,29	33,82	36,62	39,68	43,03	47,27	4,90	9,98	15,14	20,81	26,94	33,96	42,51		
4,77	9,12	12,69	15,91	18,72	21,31	23,91	26,37	28,82	31,35	33,88	36,70	39,73	43,10	47,17	4,91	10,04	15,16	20,79	27,04	33,98	42,40		
47,31	42,97	39,39	36,23	33,40	30,78	28,26	25,79	23,29	20,74	18,18	15,43	12,48	9,05	4,87	4,97	10,04	15,22	20,80	26,91	33,92	42,44		
47,21	42,99	39,31	36,18	33,38	30,73	28,17	25,80	23,26	20,78	18,21	15,42	12,39	8,94	4,95	4,91	9,95	15,17	20,76	26,92	34,05	42,26		
47,09	42,91	39,28	36,18	33,34	30,70	28,18	25,77	23,26	20,79	18,16	15,49	12,42	8,90	4,91	4,92	9,91	15,18	20,69	26,86	34,01	42,18		
47,13	42,85	39,27	36,13	33,30	30,70	28,15	25,68	23,28	20,76	18,21	15,48	12,40	8,90	4,91	4,87	9,94	15,09	20,65	26,87	33,95	42,22		
47,61	42,23	39,70	36,79	33,97	31,33	28,77	26,28	23,99	21,45	18,99	16,22	13,17	9,87	5,62	4,78	9,88	15,08	20,57	26,53	33,36	41,99		
47,85	43,35	39,69	36,54	33,85	31,28	28,76	26,35	23,78	21,38	18,85	16,22	13,24	9,54	5,43	4,98	9,90	15,00	20,32	26,45	33,81	42,42		
47,50	43,13	39,49	36,55	33,72	31,14	28,53	26,27	23,83	21,39	18,83	16,06	13,14	9,65	5,35	4,70	9,75	14,89	20,49	26,35	33,48	42,15		
47,27	42,88	39,55	36,58	33,47	31,11	28,49	26,13	23,74	21,30	18,73	15,87	12,85	9,63	5,71	4,75	9,81	14,74	20,71	26,70	33,25	41,56		
Valores medios .....														4,89	9,93	15,08	20,70	26,79	33,81	42,25			

TABLA XXXI.—RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 9.—EJE DE GIRO a. CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 3. ANTICÁTODO: Cu

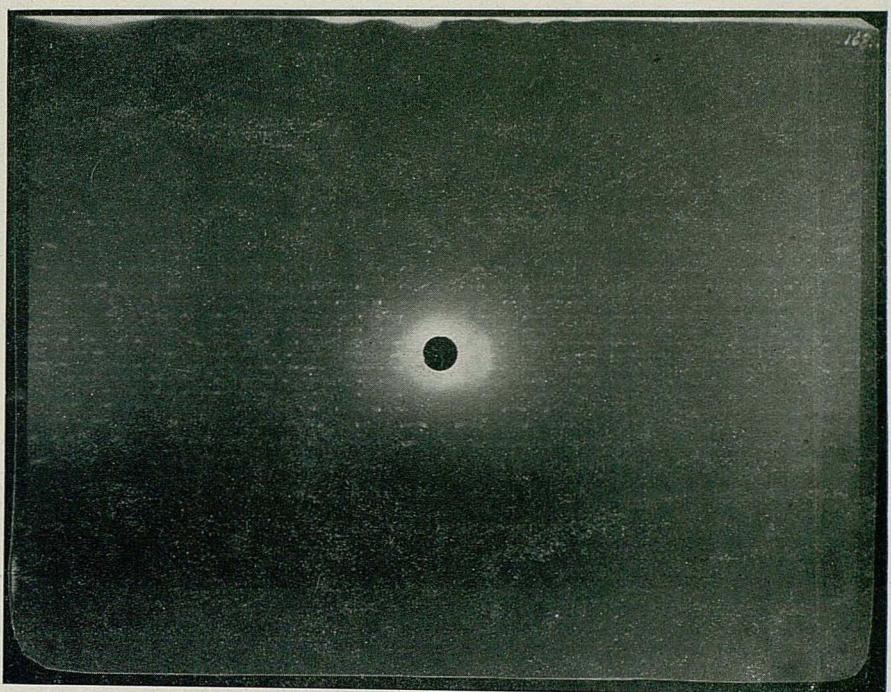
LECTURAS EN LOS DIVERSOS ESTRATOS												DISTANCIAS ENTRE LOS ESTRATOS mm.					
6	5	4	3	2	1	-1	-2	-3	-4	-5	-6	1	2	3	4	5	6
0,0	6,8	13,3	19,0	23,9	28,8	39,2	44,1	49,0	54,4	60,0	67,5	10,4	20,2	30,0	41,1	53,2	67,6
0,0	6,8	12,7	18,9	24,0	29,0	38,6	43,5	48,5	54,0	60,5	66,7	9,6	19,5	29,6	41,3	53,7	66,7
0,0	7,0	13,0	18,9	23,8	29,0	38,5	43,7	48,5	54,0	60,0	66,8	9,5	19,9	29,6	41,0	53,0	66,8
0,0	6,8	13,0	18,4	24,0	29,0	38,5	43,5	48,8	54,0	60,3	66,8	9,5	19,5	30,4	41,0	53,5	66,8
0,0	7,0	13,2	18,5	24,0	28,8	38,8	43,6	48,8	54,1	60,2	66,8	10,0	19,6	30,3	40,9	53,2	66,8
0,0	7,3	13,3	18,8	24,3	29,1	38,8	43,7	49,0	54,5	60,3	67,0	9,7	19,3	30,2	41,2	53,0	67,0
0,0	7,0	13,1	18,8	24,0	28,9	38,8	43,5	48,7	54,3	60,3	66,9	9,9	19,5	29,9	41,2	53,3	66,9
0,0	7,0	13,1	18,8	24,1	29,0	39,0	43,8	49,0	54,4	60,5	67,0	10,0	19,7	30,2	41,4	53,5	67,0
0,0	7,0	13,1	18,8	24,1	29,0	39,0	43,8	49,0	54,6	60,6	67,5	10,0	19,7	30,2	41,5	53,6	67,5
0,0	7,0	13,2	19,0	24,2	29,3	39,2	44,0	49,2	54,8	60,9	67,6	9,9	19,8	30,2	41,6	53,9	67,6
0,0	7,0	12,2	19,0	24,2	29,2	39,0	44,0	49,0	54,7	60,8	67,6	9,8	19,8	30,0	41,5	53,8	67,6
0,0	7,0	13,1	19,0	24,2	29,3	39,0	43,9	49,0	54,5	60,6	67,3	9,7	19,7	30,0	41,4	53,6	67,3
0,0	7,0	13,2	19,1	24,3	29,3	39,0	44,0	49,0	54,6	60,7	67,4	9,7	19,7	29,9	41,4	53,7	67,4
0,0	7,1	13,5	19,2	24,4	29,5	39,2	44,2	49,3	54,8	60,8	67,6	9,7	19,8	30,1	41,3	53,7	67,6
0,0	7,1	13,3	19,0	24,2	29,3	39,0	44,0	49,1	54,8	60,7	67,4	9,7	19,8	30,1	41,5	53,6	67,4
0,0	7,1	13,3	19,1	24,2	29,3	39,1	44,0	49,3	54,7	60,7	67,6	9,8	19,8	30,2	41,4	53,6	67,6
0,0	7,0	13,1	18,8	24,0	29,0	38,8	43,5	48,7	54,2	60,0	67,0	9,8	19,5	29,9	41,1	53,0	67,0
0,0	7,0	13,3	18,9	24,1	29,0	38,9	43,8	48,9	54,4	60,5	67,2	9,9	19,7	30,0	41,1	53,5	67,2
0,0	7,0	13,2	18,9	24,0	29,0	38,7	43,7	48,8	54,4	60,4	67,1	9,7	19,7	29,9	41,2	53,4	67,1
0,0	7,0	13,2	19,0	24,0	29,0	38,7	43,5	48,6	54,0	60,0	67,0	9,7	19,5	29,6	40,8	53,0	67,0
0,0	7,0	13,2	18,8	24,0	28,9	38,4	43,3	48,3	53,8	59,6	66,8	9,7	19,3	29,5	40,6	52,6	66,8
0,0	7,0	13,0	18,7	23,8	28,7	38,4	43,2	48,3	53,7	59,8	66,8	9,7	19,4	29,6	40,7	52,8	66,8
0,0	7,0	13,0	18,8	24,0	28,9	38,6	43,3	48,5	54,0	59,9	67,0	9,7	19,3	29,7	41,0	52,9	67,0
0,0	7,0	13,1	18,8	24,0	28,8	38,5	43,3	48,4	53,8	60,0	67,0	9,7	19,3	29,6	40,7	53,0	67,0
0,0	7,0	13,0	18,6	23,7	28,5	38,2	43,1	48,1	53,5	59,6	66,5	9,7	19,4	29,5	40,5	52,6	66,5
0,0	7,0	12,9	19,3	23,3	28,5	38,0	42,8	48,0	53,6	59,4	66,5	9,5	19,5	29,7	40,7	52,4	66,5
0,0	6,7	12,9	18,3	23,3	28,3	38,2	42,8	48,0	53,4	59,5	66,0	9,9	19,5	29,7	40,5	52,8	66,0
0,0	7,0	13,0	18,5	23,7	28,6	38,0	43,0	48,1	53,5	59,4	66,3	9,4	19,3	29,6	40,5	52,4	66,3
0,0	7,0	13,0	18,3	23,5	28,7	38,3	43,5	48,0	53,8	59,9	66,5	9,6	20,0	29,7	40,8	52,9	66,5
0,0	6,9	13,5	19,0	24,0	29,0	38,6	43,8	48,4	54,0	60,2	67,0	9,6	19,8	29,4	40,5	53,3	67,0
0,0	7,2	13,5	19,0	24,0	28,8	39,1	44,0	48,8	54,2	60,2	67,3	9,5	20,0	29,8	40,7	53,0	67,3
Valores medios .....												9,74	19,63	29,84	41,04	53,21	67,02

TABLA XXXII. — RÖNTGENOGRAMA N.º 10. — EJE DE GIRO a. CHASIS SIEMENS N.º 2. ANTICÁTODO: Cr

LECTURAS EN LOS DIVERSOS ESTRATOS											DISTANCIAS ENTRE LOS ESTRATOS MM.				
5	4	3	2	1	-1	-2	-3	-4	-5	1	2	3	4	5	
10,0	17,0	22,1	26,5	30,7	37,5	41,5	45,6	50,5	57,3	6,8	15,0	23,5	33,5	47,3	
10,0	17,2	22,1	26,5	30,4	37,7	41,6	45,6	50,5	57,0	7,3	15,1	23,5	33,3	47,0	
10,0	17,0	22,0	26,3	30,2	37,4	41,3	45,5	50,4	56,8	7,2	15,0	23,5	33,4	46,8	
10,0	17,0	22,0	26,2	30,1	37,6	41,3	45,5	50,3	56,6	7,5	15,1	23,5	33,3	46,6	
10,0	16,8	21,7	26,0	30,0	37,3	41,0	45,3	50,0	56,4	7,3	15,0	23,6	33,2	46,4	
10,0	16,8	21,7	26,1	30,0	37,3	41,2	45,4	50,3	56,6	7,3	15,1	23,7	33,5	46,6	
10,0	16,8	21,8	26,1	30,0	37,5	41,3	45,5	50,4	56,7	7,5	15,2	23,7	33,6	46,7	
10,0	16,9	21,9	26,2	30,0	37,6	41,4	45,6	50,4	56,7	7,6	15,2	23,7	33,5	46,7	
10,0	16,8	21,9	26,2	30,0	37,5	41,3	45,4	50,4	56,7	7,5	15,1	23,5	33,6	46,7	
10,0	16,8	21,7	26,1	30,1	37,4	41,1	45,3	50,3	56,6	7,3	15,0	23,6	33,5	46,6	
10,0	16,8	21,9	26,2	30,1	37,3	41,1	45,3	50,3	56,6	7,2	14,9	23,4	33,5	46,6	
10,0	16,5	21,7	26,0	30,0	37,0	40,8	44,9	49,6	56,2	7,0	14,8	23,2	33,1	46,2	
10,0	16,7	21,7	26,1	29,9	37,1	40,9	45,0	49,7	56,3	7,2	14,8	23,3	33,0	46,3	
10,0	17,0	21,9	26,2	30,0	37,1	41,0	45,2	50,0	56,5	7,1	14,8	23,3	33,0	46,5	
10,0	17,1	21,8	26,3	30,0	37,2	41,1	45,2	50,1	56,5	7,2	14,8	23,4	33,0	46,5	
10,0	17,0	22,1	26,3	30,5	37,3	41,4	45,5	50,4	57,0	6,8	15,1	23,4	33,4	47,0	
Valores medios .....											7,24	15,00	23,49	33,34	46,66

TABLA XXXIII.—RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 11.—EJE DE GIRO a. CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 3. ANTICÁTODO: Cr

4	3	2	1	-1	-2	-3	-4	1	DISTANCIAS ENTRE LOS ESTRATOS mm.		
									2	3	4
0,0	10,0	19,0	25,2	39,7	47,8	56,0	66,0	14,5	28,8	46,0	66,0
0,0	9,5	18,0	25,0	39,3	47,5	55,5	65,0	14,3	29,5	46,0	65,0
0,0	9,0	17,6	25,0	39,3	46,7	55,5	64,5	14,3	29,1	46,5	64,5
0,0	9,6	17,8	25,5	39,2	47,1	55,0	64,9	13,7	29,3	45,4	64,9
0,0	10,0	18,2	25,7	40,3	47,7	56,1	65,8	14,6	29,5	46,1	65,8
0,0	10,0	18,4	26,0	40,5	48,0	56,4	66,0	14,5	29,6	46,4	66,0
0,0	10,0	18,6	26,2	40,8	48,3	56,7	66,6	14,6	29,7	46,7	66,6
0,0	10,2		26,6	41,1		57,1	67,0	14,5		46,9	67,0
0,0	10,5		27,0	42,0		57,8	67,7	15,0		47,3	67,7
0,0	10,5	19,1	27,0	41,8	49,3	57,8	67,3	14,8	30,2	47,3	67,3
0,0	10,0	18,8	26,7	41,3	49,0	57,2	67,0	14,6	30,2	47,2	67,0
0,0	10,2	19,0	27,0	41,6	49,0	57,5	67,3	14,6	30,0	47,3	67,3
0,0	10,5	18,8	27,0	41,6	49,0	57,5	67,2	14,6	30,2	47,0	67,2
0,0	10,2	18,7	26,1	41,0	48,5	57,0	67,0	14,9	29,8	46,8	67,0
0,0	10,0	18,5	26,1	40,8	48,3	57,0	67,0	14,7	29,8	47,0	67,0
0,0	10,0	18,8	26,3	40,8	48,0	56,5	66,7	14,5	29,2	46,5	66,7
Valores medios .....								14,54	29,64	46,65	66,44



RÖNTGENOGRAMMA 2

TABLA XXXIV.—RÖNTGENOGRAMA N.º 12.—EJE DE GIRO a. WEISSEMBERG FIJA. ANTICÁTODO: Cu

LECTURAS EN LOS DIVERSOS ESTRATOS																	DISTANCIAS ENTRE LOS ESTRATOS mm.									
e9	e8	e7	e6	e5	e4	e3	e2	e1	e-1	e-2	e-3	e-4	e-5	e-6	e-7	e-8	e-9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	7,2	12,1	16,2	19,6	22,3	25,0	27,9	30,3	34,9	37,3	40,0	42,8	45,8	49,1	53,8	59,6	66,5	4,6	9,4	15,0	20,5	26,2	32,9	41,7	51,8	66,5
0,0	6,9	11,8	15,6	19,0	22,0	24,6	27,2	29,8	34,3	37,0	39,5	42,3	45,5	48,8	52,7	58,7	66,2	4,5	9,8	14,9	20,3	26,5	33,2	40,9	51,8	66,2
0,0	6,8	11,7	15,6	19,0	22,0	24,8	27,3	29,8	34,5	37,2	39,8	42,4	45,8	49,1	53,5	59,0	66,6	4,7	9,9	15,0	20,4	26,8	33,5	41,8	52,2	66,6
0,0	6,9	12,0	16,0	19,4	22,4	25,0	27,8	30,1	35,0	37,5	40,1	42,9	46,0	49,4	53,8	59,3	67,0	4,9	9,7	15,1	20,5	26,6	33,4	41,8	52,4	67,0
0,0	7,0	12,1	16,2	19,6	22,5	25,3	28,0	30,3	35,3	37,8	40,5	43,1	46,1	49,7	54,1	59,5	67,2	5,0	9,9	15,2	20,6	26,5	33,5	42,0	52,5	67,2
0,0	6,8	12,0	16,0	19,3	22,4	25,1	27,7	30,1	35,2	37,6	40,2	43,0	46,1	49,8	53,8	59,7	67,0	5,1	9,8	15,1	20,6	26,8	33,8	41,8	52,9	67,0
0,0	7,0	12,0	16,1	19,6	22,5	25,4	27,9	30,3	35,3	37,8	40,3	43,2	46,3	49,9	54,0	59,7	67,0	5,0	9,9	14,9	20,7	26,7	33,8	42,0	52,7	67,0
0,0	7,0	12,0	16,2	19,8	22,7	25,5	28,0	30,5	35,4	37,9	40,6	43,5	46,7	50,2	54,2	59,7	67,0	4,9	9,9	15,1	20,8	26,9	34,0	42,2	52,7	67,0
0,0	7,1	12,2	16,5	20,0	23,0	25,7	28,2	30,5	35,5	38,0	40,7	43,5	46,7	50,3	54,3	59,6	66,7	5,0	9,8	15,0	20,5	26,7	33,8	42,1	52,5	66,7
0,0	7,0	12,3	16,3	19,8	22,9	25,6	28,2	30,7	35,7	38,1	40,8	43,6	46,7	50,2	54,6	59,7	66,7	5,0	9,9	15,2	20,7	26,9	33,9	42,3	52,7	66,7
0,0	7,1	12,4	16,7	20,2	23,2	25,8	28,5	31,1	36,2	38,5	41,3	44,0	47,1	50,6	54,7	59,9	66,7	5,1	10,0	15,5	20,8	26,9	33,9	42,3	52,8	66,7
0,0	7,2	12,6	16,8	20,2	23,3	26,1	28,7	31,2	36,2	38,7	41,4	44,0	47,2	50,8	55,0	60,1	67,0	5,1	10,0	15,3	20,7	27,0	34,0	42,4	52,9	67,0
0,0	7,2	12,7	16,8	20,2	23,3	26,1	28,7	31,3	36,3	38,8	41,4	44,3	47,4	50,8	55,0	60,4	67,0	5,0	10,1	15,3	21,0	27,2	34,0	42,3	53,2	67,0
0,0	6,9	12,5	16,8	20,1	23,3	26,1	28,7	31,3	36,2	38,7	41,3	44,3	47,3	50,7	54,9	60,4	67,1	4,9	10,0	15,2	21,0	27,2	33,9	42,4	53,5	67,1
0,0	7,0	12,5	16,7	20,0	23,0	25,8	28,3	30,9	35,9	38,3	41,0	43,9	47,0	50,4	54,5	60,0	67,2	5,0	10,0	15,2	20,9	27,0	33,9	42,0	53,0	67,2
0,0	7,0	12,3	16,6	19,7	23,0	26,0	28,2	30,8	35,8	38,1	41,0	43,4	46,4	49,8	54,5	59,4	66,8	5,0	9,9	15,0	20,4	26,7	33,2	42,2	52,0	66,8
Valores medios .....																	4,92	9,87	15,12	20,65	26,79	33,73	41,95	52,10	66,86	

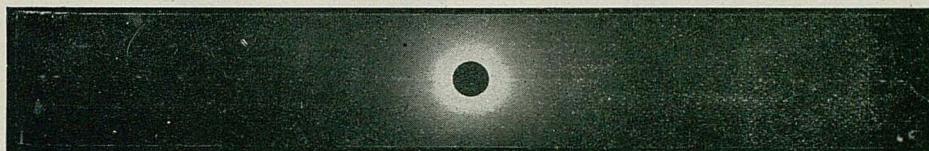
TABLA XXXV.—RÖNTGENOGRAMA N.º 13.—EJE DE GIRO *b.*  
CHASIS SIEMENS N.º 1. ANTICÁTODO: Cu

LECTURAS				DISTANCIAS mm.	
2	1	-1	-2	1	2
16,73	20,84	28,80	32,85	7,96	16,12
16,36	20,68	28,71	32,81	8,03	16,45
16,36	20,53	28,48	32,74	7,95	16,38
15,98	20,27	28,33	32,59	8,05	16,61
20,40	24,67	32,77	36,79	8,10	16,39
20,51	24,66	32,81	36,90	8,15	16,39
20,47	24,68	32,78	36,95	8,10	16,48
20,61	24,92	32,89	37,05	7,97	16,44
19,11	23,32	31,18	35,31	7,86	16,20
19,02	23,18	31,01	35,22	7,83	16,20
19,01	23,17	30,98	35,20	7,81	16,19
18,97	23,09	30,92	34,99	7,83	16,02
20,64	24,78	32,67	36,69	7,89	16,05
20,51	24,75	32,47	36,63	7,72	16,12
20,42	24,65	32,53	36,61	7,88	16,19
20,46	24,44	32,39	36,60	7,95	16,16
Valores medios .....				7,94	16,27

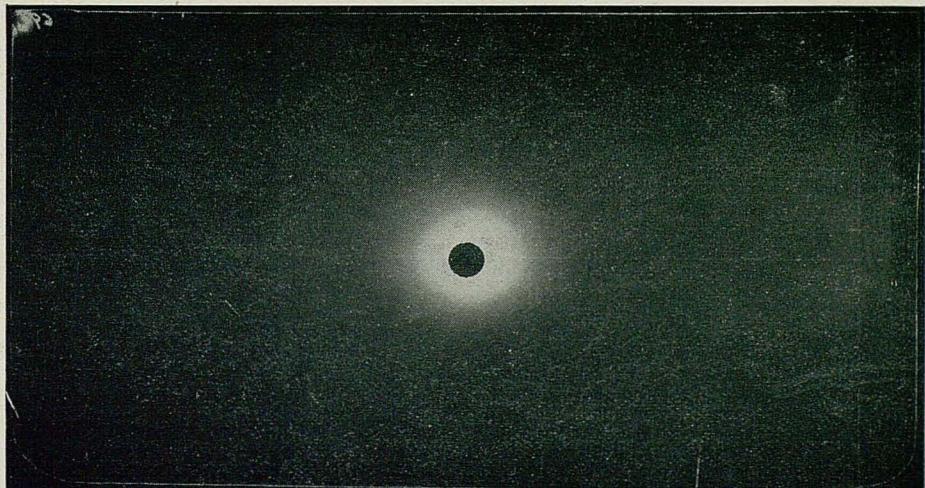
XIII



RÖNTGENOGRAMMA 13



RÖNTGENOGRAMMA 14



RÖNTGENOGRAMMA 15

TABLA XXXVI.—RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 14.—EJE DE GIRO *b.*  
CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 1. ANTICÁTODO: Cr

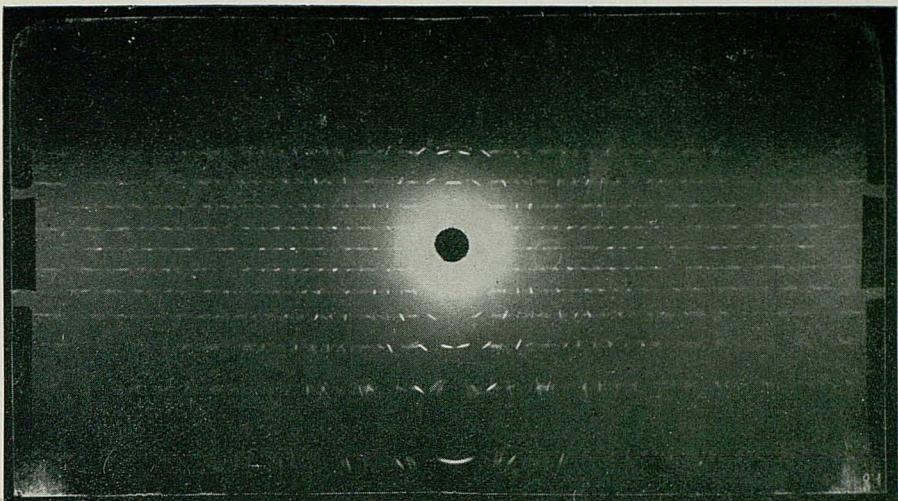
	LECTURAS		DISTANCIAS mm.	
	1	-1	1	1
17,41	21,40	33,22	11,82	31,81
18,10	21,48	33,39	11,91	30,81
20,70	21,39	33,24	11,83	31,81
20,70	21,15	33,26	12,11	31,81
20,70	14,61	26,65	12,04	31,8
20,70	14,76	26,72	11,96	31,8
20,70	14,78	26,81	12,05	30,8
20,70	14,64	26,69	12,05	30,8
20,70	18,44	30,26	11,82	31,81
20,70	18,43	30,28	11,85	31,81
20,70	18,43	30,23	11,80	31,81
20,70	18,32	30,24	11,92	31,81
20,70	20,93	32,73	11,80	31,81
20,70	20,94	32,70	11,76	
20,70	20,87	32,72	11,85	
20,70	20,81	32,66	11,85	
Valor medio .....			11,90	

TABLA XXXVII. — RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 15. — EJE DE GIRO *b*.

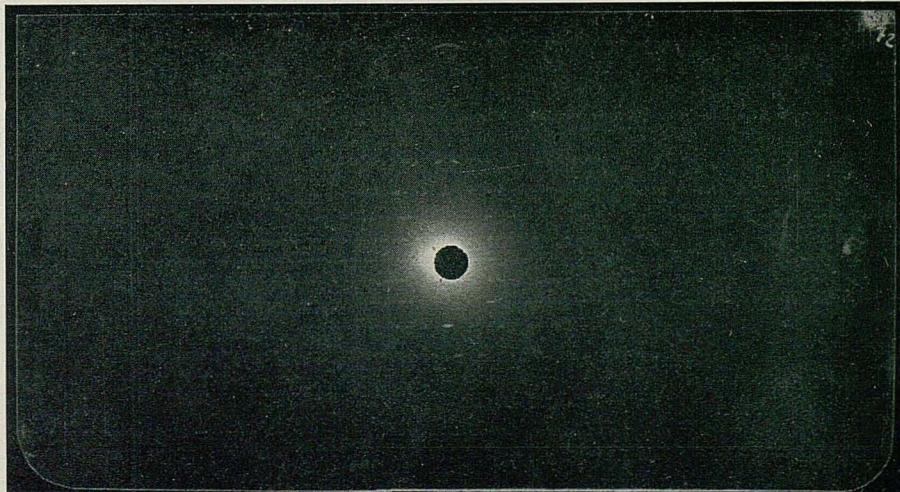
CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 2. ANTICÁTODO: Cr

2	LECTURAS			DISTANCIAS mm.		
	1	-1	-2	1	2	
13,73	20,42	32,03	38,44	11,61	24,71	
13,69	20,41	32,00	38,56	11,59	24,87	
13,69	20,38	32,05	38,77	11,67	25,08	
13,73	20,37	32,14	38,75	11,77	25,02	
5,78	12,44	24,20	30,82	11,76	25,04	
5,78	12,52	24,37	31,11	11,85	25,33	
6,07	12,82	24,56	31,29	11,74	25,22	
6,04	12,78	24,67	31,40	11,89	25,36	
31,35	24,54	12,45	5,62	12,09	25,73	
31,31	24,36	12,20	5,42	12,16	25,89	
31,37	24,36	12,19	5,45	12,17	25,92	
31,18	24,35	12,27	5,45	12,08	25,73	
44,91	38,05	26,11	19,06	11,94	25,85	
44,80	38,04	26,07	19,05	11,97	25,75	
44,84	38,02	26,02	19,34	12,00	25,50	
Valores medios .....				11,87	25,37	

XIV



RÖNTGENOGRAMMA 16



RÖNTGENOGRAMMA 17

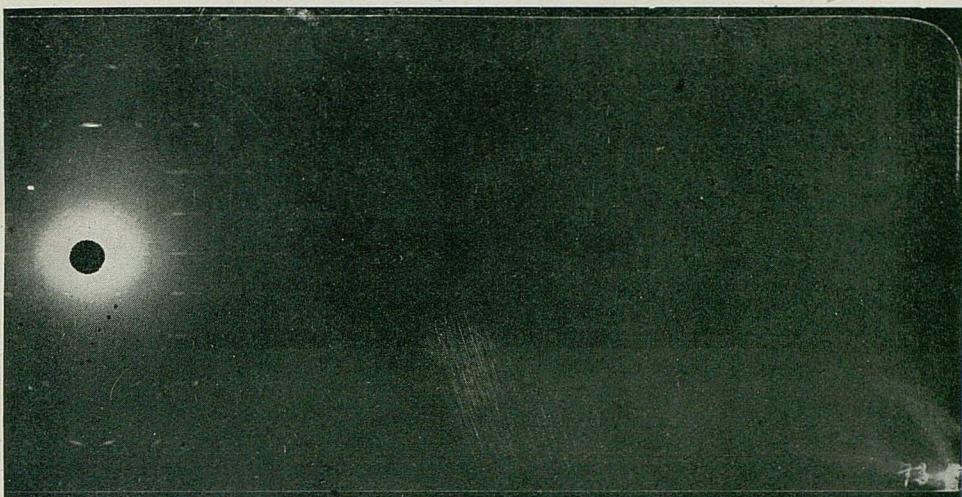
TABLA XXXVIII.—RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 16.—EJE DE GIRO *b*. CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 2. ANTICÁTODO: Cu

LECTURAS EN LOS DIVERSOS ESTRATOS								DISTANCIAS ENTRE LOS ESTRATOS mm.			
4	3	2	1	-1	-2	-3	-4	1	2	3	4
7,19	12,83	17,57	21,69	29,50	33,60	38,11	43,77	7,81	16,03	25,28	36,58
7,25	12,84	17,55	21,67	29,49	33,66	38,11	43,73	7,82	16,11	25,27	36,48
6,97	12,67	17,49	21,60	29,44	33,59	38,10	43,89	7,84	16,10	25,43	36,92
6,94	12,72	17,46	21,62	29,41	33,56	38,17	43,83	7,79	16,10	25,45	36,89
5,98	11,78	16,46	20,64	28,50	32,68	37,38	43,10	7,86	16,22	25,60	37,12
5,95	11,70	16,38	20,59	28,55	32,69	37,32	43,04	7,96	16,31	25,62	37,09
5,97	11,70	16,34	20,48	28,49	32,66	37,23	43,05	8,01	16,32	25,53	37,08
5,89	11,61	16,29	20,50	28,45	32,59	37,16	42,95	7,95	16,30	25,55	37,06
43,18	37,33	32,55	28,20	20,28	16,05	11,38	5,65	7,92	16,55	25,95	37,53
43,23	37,39	32,56	28,29	20,20	16,03	11,37	5,61	8,09	16,53	26,02	37,62
43,20	37,40	32,58	28,24	20,21	16,08	11,27	5,63	8,03	16,55	26,13	37,57
43,25	37,33	32,41	28,21	20,22	16,02	11,30	5,69	7,99	16,47	26,03	37,56
42,24	36,50	31,65	27,47	19,47	15,31	10,60	5,07	8,00	16,34	25,90	37,17
42,34	36,41	31,62	27,44	19,47	15,35	10,61	4,94	7,97	16,27	25,80	37,40
42,28	36,22	31,47	27,47	19,50	15,36	10,64	5,02	7,97	16,11	25,58	37,21
41,83	36,13	31,44	27,29	19,57	15,40	10,84	5,19	7,72	16,04	25,29	36,64
Valores medios .....								7,92	16,27	25,65	37,12

TABLA XXXIX.—RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 17.—EJE DE GIRO *b.* CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 2. ANTICÁTODO: Cu

LECTURAS EN LOS DIVERSOS ESTRATOS								DISTANCIAS ENTRE LOS ESTRATOS mm.			
4	3	2	1	-1	-2	-3	-4	4	3	2	1
30,0	35,5	40,3	44,5	52,2	56,5	60,8	66,4	7,7	16,2	25,3	36,4
30,0	35,6	40,3	44,3	52,2	56,3	61,0	66,4	7,9	16,0	25,4	36,4
30,0	35,7	40,3	44,4	52,2	56,3	61,0	66,5	7,8	16,0	25,3	36,5
30,0	35,7	40,3	44,5	52,2	56,4	61,0	66,5	7,7	16,1	25,3	36,5
30,0	35,8	40,4	44,6	52,4	56,6	61,2	66,6	7,8	16,2	25,4	36,6
30,0	35,8	40,4	44,7	52,6	56,7	61,3	66,8	7,9	16,3	25,5	36,8
30,0	35,8	40,4	44,7	52,7	56,8	61,5	67,2	8,0	16,4	25,7	37,2
30,0	35,9	40,6	44,9	52,8	57,0	61,7	67,3	7,9	16,4	25,8	37,3
30,0	35,9	40,7	44,9	53,0	57,2	61,9	67,6	8,1	16,5	26,0	37,6
30,0	35,9	40,7	45,0	53,1	57,3	62,1	67,8	8,1	16,4	26,2	37,8
30,0	35,8	40,7	45,0	53,0	57,4	62,1	68,1	8,0	16,7	26,3	38,1
30,0	35,9	40,8	45,1	53,0	57,3	62,1	68,0	7,9	16,5	26,2	38,0
30,0	35,9	40,8	45,0	53,0	57,2	62,0	68,0	8,0	16,4	26,1	38,0
30,0	35,9	40,7	44,9	52,8	57,1	61,7	67,9	7,9	16,4	25,8	37,9
30,0	35,7	40,3	44,6	52,4	56,7	61,3	67,4	7,8	16,4	25,6	37,4
30,0	35,9	40,6	44,8	52,5	56,4	61,3	67,0	7,7	15,8	25,4	37,0
Valores medios .....								7,89	16,29	25,71	37,22

XV



RÖNTGENOGRAMMA 18



RÖNTGENOGRAMMA 19

TABLA XL.—RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 18.—EJE DE GIRO *b*.  
CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 3. ANTICÁTODO: Cu

LECTURAS EN LOS DIVERSOS ESTRATOS						DISTANCIAS mm.		
3	2	1	-1	-2	-3	1	2	3
20,0	29,5	37,8	53,6	61,7	71,0	15,8	32,2	51,0
20,0	29,2	37,7	52,2	61,5	70,8	15,5	32,3	50,8
20,0	29,2	37,4	53,0	61,4	70,6	15,6	32,2	50,6
20,0	29,4	37,7	53,3	61,6	70,8	15,6	32,2	50,8
20,0	29,4	37,7	53,3	61,6	71,0	15,6	32,2	51,0
20,0	29,3	37,7	53,3	61,6	71,0	15,6	32,3	51,0
20,0	29,3	37,7	53,3	61,6	71,0	15,6	32,3	51,0
20,0	29,3	37,7	53,3	61,7	71,0	15,6	32,4	51,0
20,0	29,3	37,7	53,4	61,7	71,0	15,7	32,4	51,0
20,0	29,3	37,6	53,3	61,7	71,2	15,7	32,4	51,2
20,0	29,3	37,8	53,6	62,0	71,2	15,8	32,7	51,2
20,0	29,5	38,0	53,6	62,2	71,4	15,6	32,7	51,4
20,0	29,6	37,9	53,7	62,1	71,4	15,8	32,5	51,4
20,0	29,5	38,0	53,7	62,0	71,4	15,7	32,5	51,4
20,0	29,4	37,9	53,6	61,9	71,2	15,7	32,5	51,2
20,0	28,7	37,2	52,9	61,3	70,5	15,7	32,6	50,5
20,0	29,4	37,9	53,6	61,7	71,0	15,8	32,3	51,0
20,0	29,3	37,7	53,4	61,6	71,0	15,7	32,3	51,0
20,0	29,3	37,6	53,3	61,6	70,9	15,7	32,3	50,9
20,0	29,3	37,6	53,1	61,4	70,8	15,5	32,1	50,8
20,0	29,2	37,6	53,2	61,4	70,8	15,6	32,2	50,8
20,0	29,3	37,6	53,2	61,4	70,7	15,6	32,1	50,7
20,0	29,5	37,6	53,2	61,4	70,7	15,6	31,9	50,7
20,0	29,4	37,5	53,1	61,3	70,6	15,6	31,9	50,6
20,0	29,4	37,6	53,2	61,3	70,6	15,6	31,9	50,6
20,0	29,5	37,6	53,2	61,4	70,7	15,6	31,9	50,7
20,0	29,5	37,7	53,3	61,3	70,7	15,6	31,8	50,7
20,0	29,6	37,8	54,4	61,5	70,8	15,6	31,9	50,8
20,0	29,3	37,5	53,3	61,3	70,8	15,8	32,0	50,8
20,0	29,3	37,6	53,2	61,3	70,6	15,6	32,0	50,6
20,0	29,3	37,7	53,2	61,5	70,6	15,5	32,0	50,6
Valores medios .....						15,64	32,23	50,90

TABLA XLI.—RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 19.—EJE DE GIRO *b*.  
CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 3. ANTICÁTODO: Cr

2	1	-1	-2	DISTANCIAS mm.		Valores medios	
				1	2	1	2
10,0	11,5	34,9	59,7	23,4	49,7	3,02	0,02
10,0	11,6	35,1	60,0	23,5	50,0	3,02	0,02
10,0	11,8	35,4	60,3	23,6	50,3	3,02	0,02
10,0	11,8	35,5	60,5	23,7	50,5	3,02	0,02
10,0	17,8	41,4	60,5	23,6	50,5	3,02	0,02
10,0	17,8	41,4	60,3	23,6	50,3	3,02	0,02
10,0	17,7	41,4	60,4	23,7	50,4	3,02	0,02
10,0	17,7	41,5	60,5	23,8	50,5	3,02	0,02
10,0	17,0	40,6	60,4	23,6	50,4	3,02	0,02
10,0	16,9	40,6	60,5	23,7	50,5	3,02	0,02
10,0	16,9	40,6	60,5	23,7	50,5	3,02	0,02
10,0	16,6	40,4	60,7	23,8	50,7	3,02	0,02
10,0	14,2	38,0	60,7	23,8	50,7	3,02	0,02
10,0	14,4	38,0	60,5	23,6	50,5	3,02	0,02
10,0	14,4	38,2	60,6	23,8	50,6	3,02	0,02
10,0	16,4	40,0	60,4	23,6	50,4	23,58	50,25
10,0	16,4	39,9	60,3	23,5	50,3	3,02	0,02
10,0	16,2	39,7	60,2	23,5	50,2	3,02	0,02
10,0	16,1	39,6	60,1	23,5	50,1	3,02	0,02
10,0	23,5	47,0	60,1	23,5	50,1	3,02	0,02
10,0	23,5	47,0	60,1	23,5	50,1	3,02	0,02
10,0	23,3	46,7	60,0	23,5	50,0	3,02	0,02
10,0	23,3	46,7	60,0	23,4	50,0	3,02	0,02
10,0	23,0	46,5	59,8	23,5	49,8	3,02	0,02
10,0	23,2	46,7	60,0	23,5	50,0	3,02	0,02
10,0	23,2	47,0	60,0	23,8	50,0	3,02	0,02
10,0	23,2	46,7	60,0	23,5	50,0	3,02	0,02
10,0	23,3	46,7	60,0	23,4	50,0	3,02	0,02
10,0	23,0	46,5	60,0	23,5	50,0	3,02	0,02
10,0	23,3	46,7	60,5	23,4	50,5	3,02	0,02
10,0	23,5	47,0	60,5	23,5	50,5		



RÖNTGENOGRAMA 20

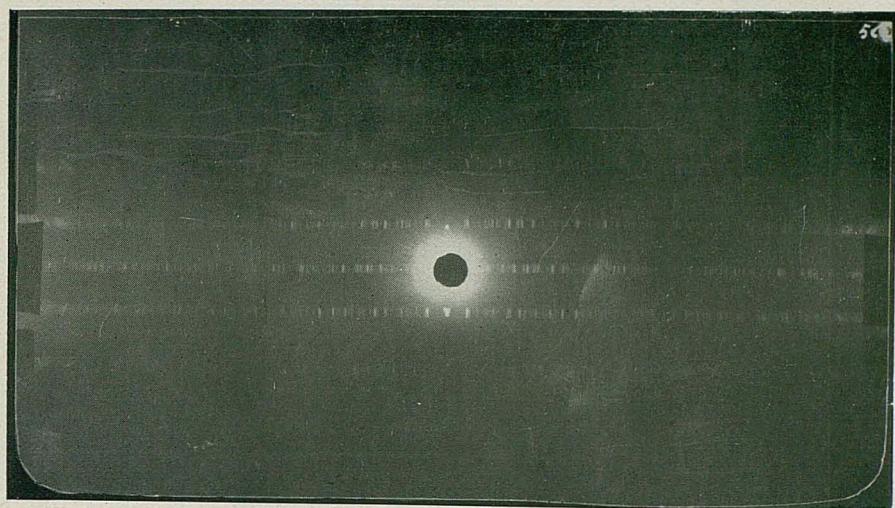
TABLA XLII.—RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 20.—EJE DE GIRO *b*—WEISSEMBERG FIJA.—ANTICÁTODO: Cu

LECTURAS EN LOS DIVERSOS ESTRATOS										DISTANCIAS ENTRE LOS ESTRATOS mm.				
e5	e4	e3	e2	e1	e-1	e-2	e-3	e-4	e-5	1	2	3	4	5
0,0	7,7	13,0	17,5	21,5	29,1	33,1	37,8	43,3	51,0	7,6	15,6	24,8	35,6	51,0
0,0	7,5	13,0	17,6	21,5	29,0	33,1	37,7	43,2	51,0	7,5	15,5	24,7	35,7	51,0
0,0	7,7	13,1	17,8	21,8	29,4	33,5	38,1	43,8	51,2	7,6	15,7	25,0	36,1	51,2
0,0	7,7	13,2	17,9	22,0	29,8	34,0	38,6	44,3	52,5	7,8	16,1	25,4	36,6	52,5
0,0	7,8	13,5	18,2	22,5	30,3	34,5	39,2	45,3	53,0	7,8	16,3	25,7	37,5	53,0
0,0	7,9	13,6	18,3	22,5	30,4	34,6	39,5	45,5	53,5	7,9	16,3	25,9	37,6	53,5
0,0	8,0	13,8	18,5	22,6	30,6	35,0	40,0	45,7	54,0	8,0	16,5	26,2	37,7	54,0
0,0	8,0	13,7	18,3	22,6	30,5	34,8	39,5	45,5	53,6	7,9	16,5	25,8	37,5	53,6
0,0	7,5	13,4	18,0	22,2	30,0	34,4	39,0	45,0	53,0	7,8	16,4	25,6	37,5	53,0
0,0	7,8	13,6	18,1	22,3	30,2	34,3	39,1	45,0	52,9	7,9	16,2	25,5	37,2	52,9
0,0	7,9	13,6	18,1	22,3	30,1	34,3	39,1	45,0	52,6	7,8	16,2	25,5	37,1	52,6
0,0	7,9	13,7	18,2	22,5	30,4	34,6	39,2	45,0	53,0	7,9	16,4	25,5	37,1	53,0
0,0	8,1	14,0	18,7	22,7	30,6	34,9	39,5	45,2	53,1	7,9	16,2	25,5	37,1	53,1
0,0	8,0	13,9	18,6	22,7	30,6	34,8	39,4	45,0	53,2	7,9	16,2	25,5	37,0	53,2
0,0	8,0	14,0	18,8	22,7	30,6	35,0	39,3	45,0	53,3	7,9	16,2	25,3	37,0	53,3
Valores medios .....										7,86	16,17	25,42	37,01	52,77

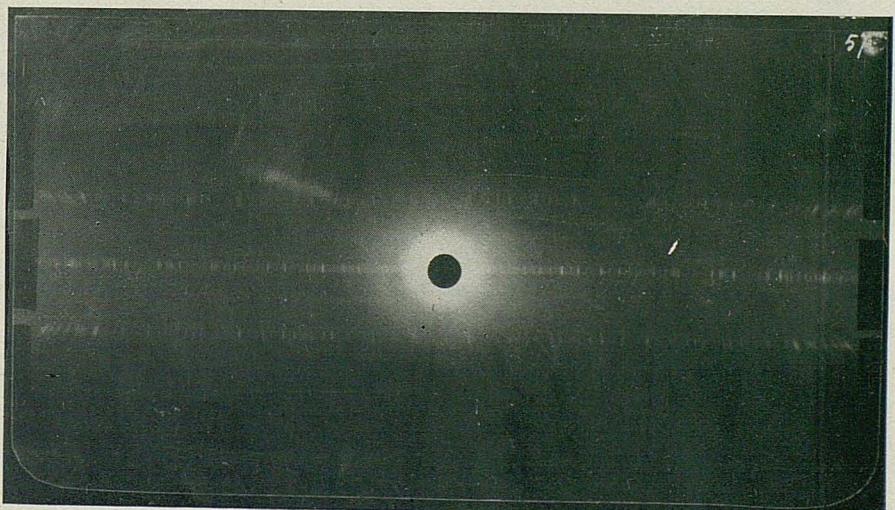
TABLA XLIII. — RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 21. — EJE DE GIRO c.  
CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 1. ANTICÁTODO: Cu

1	LECTURAS		Valor medio	Distancia mm.
	1	-1		
21,76		38,77		
22,59	22,51	39,51	39,49	16,98
23,12		40,18		
22,30		39,46		
22,07	23,05	40,20	40,18	17,13
23,76		40,86		
11,37		29,03		
12,34	12,32	29,75	29,71	17,39
13,21		30,30		
10,78		28,02		
11,44	11,48	28,69	28,67	17,19
12,26		29,28		
24,52		41,63		
25,20	25,23	42,50	42,49	17,26
26,02		43,31		
24,40		41,73		
25,28	25,27	42,58	42,55	17,28
26,13		43,32		
24,66		41,60		
25,29	25,31	42,30	42,31	17,00
26,00		43,04		
24,32		41,48		
25,06	25,07	42,18	42,19	17,12
25,86		42,91		
26,30		43,20		
27,06	27,08	43,94	43,96	16,88
27,92		44,75		
26,38		43,25		
27,09	27,11	43,93	43,98	16,87
27,89		44,80		
26,44		43,13		
27,17	27,17	43,89	43,91	16,94
27,91		44,75		
26,49		43,47		
27,34	27,34	44,15	44,15	16,81
28,20		44,85		
19,96		36,84		
20,70	20,70	37,58	37,61	16,91
21,42		38,43		
20,17		37,08		
20,82	20,80	37,82	37,85	17,05
21,40		38,67		
20,07		37,12		
20,84	20,85	37,92	37,94	17,09
21,64		38,82		
20,34		37,17		
21,08	21,09	37,95	37,97	16,88
21,85		38,82		
Valor medio.....				17,05

XVII



RÖNTGENOGRAMMA 22



RÖNTGENOGRAMMA 23

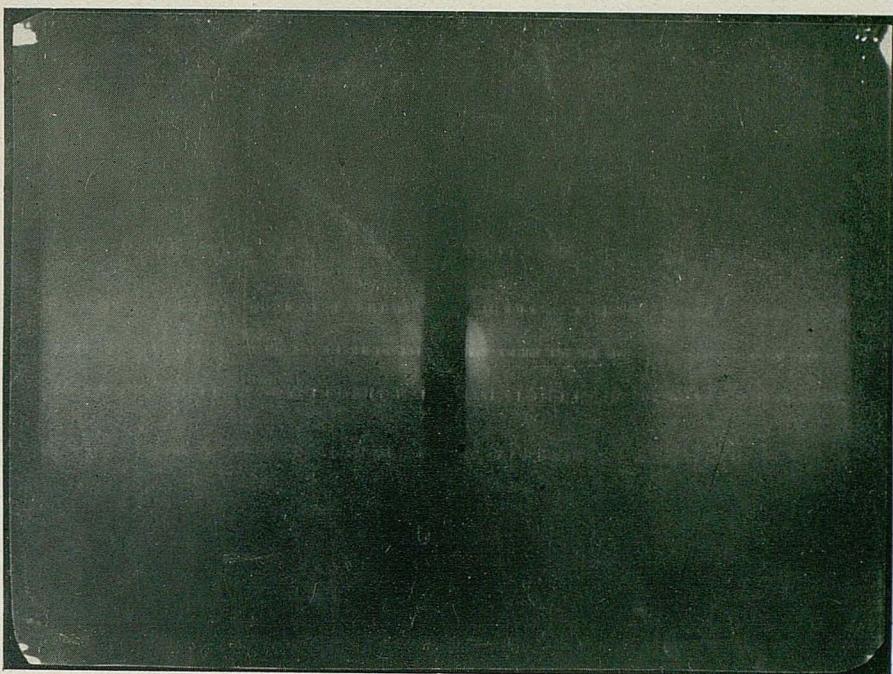
TABLA XLIV.—RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 22.—EJE DE GIRO c.  
CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 2. ANTICÁTODO: Cu

LECTURAS				DISTANCIAS mm.	
2	1	-1	-2	1	2
7,13	17,87	34,78	45,19	16,91	38,06
7,03	17,76	34,65	45,15	16,89	38,12
6,80	18,20	34,58	45,24	16,88	38,44
7,05	17,75	34,37	35,13	16,62	38,08
8,43	19,54	36,13	47,01	16,59	38,58
8,54	19,60	36,30	47,29	16,70	38,75
8,34	19,54	36,33	47,53	16,79	39,19
7,92	19,39	36,38	47,54	16,99	39,62
7,80	19,40	36,52	47,66	17,12	39,86
45,55	34,15	16,95	5,55	17,20	40,00
46,01	34,17	16,78	5,54	17,39	40,47
46,01	34,14	16,83	5,55	17,31	40,46
45,68	34,10	16,76	5,62	17,34	40,06
45,68	34,04	16,77	5,82	17,27	39,86
45,31	33,69	16,30	5,58	17,39	39,73
45,42	33,66	16,49	5,47	17,17	39,95
45,27	33,57	16,47	5,48	17,10	39,79
44,87	33,48	16,45	5,71	17,03	39,16
Valores medios .....				17,01	39,34

TABLA XLV.—RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 23.—EJE DE GIRO C.  
CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 2. ANTICÁTODO: Cr

	LECTURAS		DISTANCIAS mm.	
	1	-1	1	-1
50.80	17,33	43,13	25,76	51,17
51.87	17,41	43,22	25,71	51,7
51.86	17,37	43,35	25,98	50,8
50.80	17,37	43,35	25,98	50,7
50.97	15,98	42,10	26,12	52,8
51.87	15,99	42,16	26,17	53,8
51.86	15,94	42,33	26,39	50,8
50.97	15,92	42,46	26,54	50,7
50.97	39,96	12,78	27,18	58,7
50.97	39,97	12,74	27,23	59,7
50.97	39,99	12,79	27,20	59,6
50.97	40,11	12,72	27,39	59,6
50.97	42,37	15,31	27,06	58,7
50.97	42,05	15,03	27,02	58,4
50.97	42,05	15,09	26,96	58,6
50.97	41,62	15,25	26,37	58,7
	Valor medio .....		26,57	

XVIII



RÖNTGENOGRAMA 25

TABLA XLVI.—RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 24.—EJE DE GIRO c.  
CHASIS SIEMENS N.<sup>o</sup> 3. ANTICÁTODO: Cu AIRAT

LECTURAS	DISTANCIAS mm.		
	1	-1	1
6,15	39,86		33,71
5,76	39,84		34,08
6,37	40,00		33,63
6,11	40,52		34,41
8,13	42,00		33,87
8,29	41,83		33,54
6,65	40,64		33,99
6,25	40,30		34,05
4,46	37,91		33,45
4,49	37,69		33,20
4,56	38,40		33,84
4,65	38,40		33,75
5,54	39,12		33,58
5,48	39,31		33,83
5,57	39,37		33,70
5,63	39,40		33,77
39,38	5,52		33,86
39,38	5,64		33,72
39,22	5,35		33,87
39,17	5,42		33,75
41,01	7,46		33,65
41,18	7,42		33,76
41,81	7,88		33,93
41,66	7,66		34,00
41,29	7,20		34,09
41,11	7,55		33,56
41,53	7,79		33,74
41,39	8,01		33,38
41,62	7,87		33,75
41,74	8,07		33,67
41,48	7,98		33,50
41,40	7,52		33,88
41,81	7,31		34,00
Valor medio .....	33,77		

TABLA XLVII. — RÖNTGENOGRAMA N.<sup>o</sup> 25. — EJE DE GIRO c.

CHASIS WEISSEMBERG, FIJA. — ANTICÁTODO: Cu

LECTURAS				DISTANCIAS mm.		
2	1	-1	-2	1	2	
20,0	30,0	46,5	57,5	16,5	37,5	
20,0	30,5	47,0	58,8	16,5	38,8	
20,0	30,5	47,0	58,8	16,5	38,8	
20,0	30,7	42,2	59,0	16,5	39,0	
20,0	30,7	47,5	59,2	16,8	39,2	
20,0	20,0	47,8	59,4	17,1	39,4	
20,0	31,0	48,1	59,6	17,1	39,6	
20,0	31,0	48,1	59,6	17,1	39,6	
20,0	31,0	48,0	59,6	17,0	39,6	
20,0	31,0	48,0	59,6	17,0	39,6	
20,0	31,0	48,0	59,6	17,0	39,6	
20,0	31,0	48,0	59,6	17,0	39,6	
20,0	31,0	48,0	59,6	17,0	39,6	
20,0	31,0	48,0	59,6	17,0	39,6	
20,2	31,0	47,9	59,5	16,9	39,3	
20,0	31,0	48,0	59,5	17,0	39,5	
Valores medios .....				16,87	39,25	
27,88	37,7	50,1				
30,88	40,8	52,1				
37,88	48,1	59,1				
40,88	50,8	57,1				
45,88	50,1	54,1				
48,88	50,1	51,1				
50,88	50,1	48,1				
Alto medio .....						
57,88	57,7	56,1				

TABLA XLVIII.—RESULTADOS DE LA MEDIDA DE LOS PERÍODOS DE IDENTIDAD

Cámara	Anticátodo	Estrato núm.	Eje a		Eje b		Eje c	
			Medida m m.	Período Å	Medida m m.	Período Å	Medida m m.	Período Å
Siemens 1	Cu	1			7,96		11,28	
		2			16,27		11,36	
	Cr	1			11,90		11,37	
		1	4,89	18,21	7,92	7,89	11,32	11,37
		2	9,93	18,15	16,27	16,29	11,36	11,36
		3	15,08	18,25	25,65	25,71	11,37	11,34
Siemens 2	Cu	4	20,70	18,21	37,12	37,22	11,38	11,36
		5	26,79	18,28				
		6	33,81	18,28				
	Cr	7	42,25	18,28				
		1	7,24	18,36	11,87		11,37	
		2	15,00	18,18	25,37		11,37	
Chamber	Y	3	23,49	18,19				
		4	33,34	18,29				
		5	46,66	18,17				

Cámara	Anticátodo	Estrato núm.	Eje <i>a</i>		Eje <i>b</i>		Eje <i>c</i>		
			Medida m m.	Periodo Å	Medida m m.	Periodo Å	Medida m m.	Periodo Å	
Siemens 3	Cu	1	9,74	18,11	15,64	11,34	33,77	5,43	
		2	19,63	18,18	32,23	11,34	33,77	5,43	
		3	29,84	18,26	50,90	11,34	33,77	5,43	
		4	41,04	18,21					
		5	53,21	18,22					
	Cr	6	67,02	18,25					
		1	14,54	18,10	23,58	11,31	11,31	11,31	
		2	29,64	18,21	50,25	11,36	11,36	11,36	
		3	46,65	18,14					
		4	66,44	18,19					
Weissemberg	Cu	1	4,92	18,17	7,86	11,42	16,87	5,50	
		2	9,87	18,29	16,17	11,40	39,25	5,48	
		3	15,12	18,24	25,42	11,45			
		4	20,65	18,32	37,01	11,42			
		5	26,79	18,32	52,72	11,42	11,02	2,34	
		6	33,73	18,32					
		7	41,95	18,33					
		8	52,10	18,40					
		9	66,86	18,32					
VALORES MEDIOS EN Å									
Eje <i>a</i>			Eje <i>b</i>			Eje <i>c</i>			
$18,2_{\frac{4}{0}} \text{ DE } 11,3_{\frac{7}{0}}$			$11,3_{\frac{7}{0}} \text{ DE } 5,4_{\frac{6}{0}}$			PERIODOS DE IDEALIDAD			

b) Weisseberg

Con los röntgenogramas Weisseberg resulta sumamente sencilla la asignación de índices mediante una construcción gráfica del retículo polar (72) en la que intervienen los ángulos  $2\theta$  y  $\varphi$  que se calculan a su vez (como hemos visto anteriormente en el calibrado) a partir de las coordenadas  $x$  e  $y$  medidas sobre la película.

Se dan a continuación los röntgenogramas Weisseberg, los diagramas, las Tablas que contienen las medidas y cálculos y las correspondientes construcciones gráficas.

Para dibujar el retículo recíproco hemos elegido como constante de proporcionalidad

$$S = 20 \cdot 10^{-8}$$

lo que da para el radio de la esfera interferencial el valor

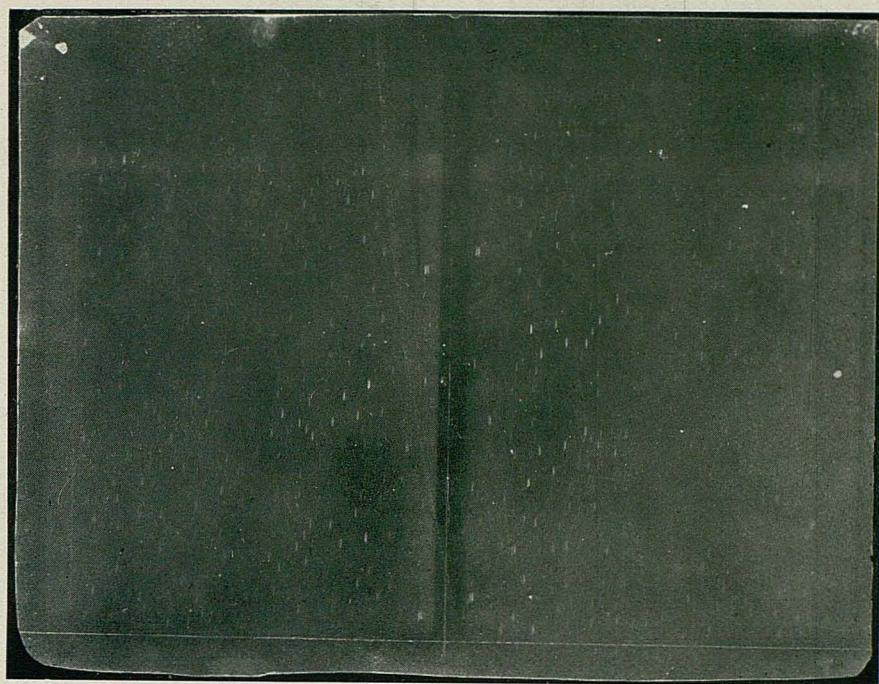
$$R = \frac{S}{\lambda} = \frac{20 \cdot 10^{-8}}{1,539 \cdot 10^{-8}} = 13,00 \text{ cm.}$$

Las figuras 16 a 21 son reducciones a 1/2 de estas construcciones gráficas.

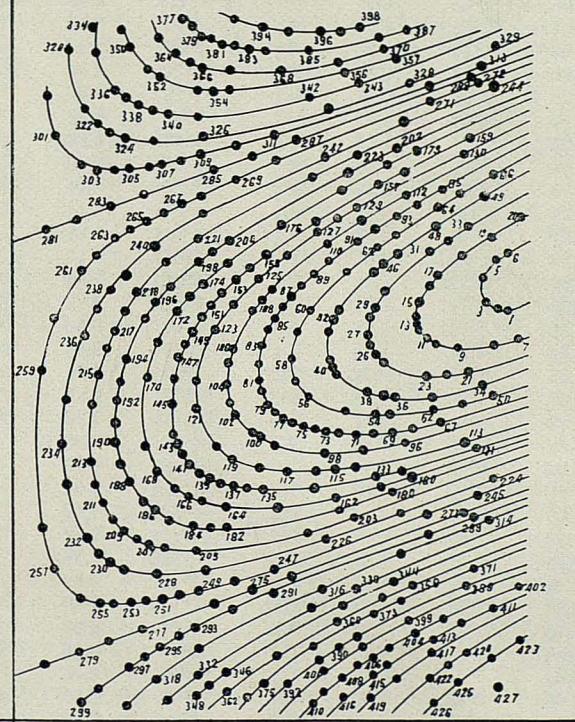
0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015	0.016	0.017	0.018	0.019	0.020	0.021	0.022	0.023	0.024	0.025	0.026	0.027	0.028	0.029	0.030	0.031	0.032	0.033	0.034	0.035	0.036	0.037	0.038	0.039	0.040	0.041	0.042	0.043	0.044	0.045	0.046	0.047	0.048	0.049	0.050	0.051	0.052	0.053	0.054	0.055	0.056	0.057	0.058	0.059	0.060	0.061	0.062	0.063	0.064	0.065	0.066	0.067	0.068	0.069	0.070	0.071	0.072	0.073	0.074	0.075	0.076	0.077	0.078	0.079	0.080	0.081	0.082	0.083	0.084	0.085	0.086	0.087	0.088	0.089	0.090	0.091	0.092	0.093	0.094	0.095	0.096	0.097	0.098	0.099	0.100
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

TABLA XLIX. — RÖNTGENOGRAMA núm. 26. — EJE DE GIRO c.  
ESTRATO EQUATORIAL. — ANTICÁTODO: Cu.

Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ	Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ
1	76,8	152°0	63,7	172°25	55	51,9	102°5	48,0	129°75
2	74,9	148°25	63,5	171°75	56	46,0	91°0	50,0	135°25
3	72,7	144°0	64,6	174°75	57	44,0	87°0	52,5	140°0
4	72,7	144°0	68,5	185°25	58	43,1	85°25	56,0	150°0
5	74,9	148°25	71,3	192°75	59	44,0	87°0	60,1	161°0
6	76,8	152°0	72,8	197°0	60	45,9	91°0	63,3	171°0
7	78,5	155°5	59,2	160°0	61	51,8	102°5	69,9	189°0
8	74,5	147°5	58,3	157°5	62	56,1	111°0	73,3	198°25
9	69,0	136°5	58,1	157°0	63	58,8	116°5	65,3	203°5
10	65,6	130°0	58,8	159°0	64	65,3	129°25	79,5	215°0
11	64,4	127°5	59,4	160°5	65	69,3	137°25	81,7	220°75
12	62,8	124°25	60,5	163°5	66	74,5	147°5	84,5	228°5
13	62,4	123°5	61,2	165°5	67	66,7	132°0	46,7	125°0
14	62,4	123°5	62,3	171°25	68	62,5	124°0	45,8	122°75
15	62,8	124°25	64,9	175°5	69	59,0	117°0	45,2	121°0
16	64,5	127°5	67,6	182°75	70	56,0	111°0	44,8	120°0
17	65,6	130°0	69,0	186°5	71	53,5	105°5	44,4	119°0
18	69,0	136°5	72,1	195°0	72	50,9	100°75	45,0	120°5
19	74,5	147°5	74,8	202°25	73	48,7	96°25	45,0	120°5
20	78,5	155°5	78,4	212°0	74	46,8	92°5	45,2	121°0
21	70,4	139°5	54,4	147°25	75	45,0	89°0	45,6	122°25
22	67,3	133°5	54,0	146°0	76	43,3	85°5	46,2	123°75
23	64,7	128°0	54,0	146°0	77	42,0	83°0	47,0	126°0
24	57,8	113°25	55,4	149°75	78	40,8	80°75	47,7	127°75
25	56,1	110°75	57,0	154°0	79	39,9	79°0	48,9	131°0
26	55,4	109°75	58,0	156°75	80	38,4	76°0	51,0	136°5
27	55,0	109°0	59,7	161°5	81	38,2	75°5	52,4	140°25
28	55,4	109°75	62,5	169°0	82	38,2	75°5	55,6	149°0
29	56,0	110°75	63,5	171°75	83	38,5	76°0	57,2	153°0
30	57,7	113°25	66,6	180°0	84	39,8	79°0	60,4	161°75
31	64,7	128°0	72,9	197°25	85	40,8	80°75	62,2	166°75
32	67,3	133°5	74,8	202°25	86	41,8	83°0	64,0	171°5
33	70,4	139°5	76,8	207°5	87	43,1	85°5	65,6	176°0
34	72,8	144°5	52,4	141°75	88	44,9	89°0	67,7	181°5
35	65,2	129°0	51,1	138°0	89	46,6	92°5	69,2	185°5
36	59,8	118°25	50,7	137°0	90	48,5	96°25	71,1	190°5
37	57,7	113°25	50,7	137°0	91	53,2	105°5	74,5	199°5
38	55,6	110°25	52,0	140°5	92	56,0	111°0	76,4	204°5
39	50,5	100°0	53,4	144°5	93	59,1	117°0	78,3	210°0
40	49,8	98°5	54,5	147°5	94	62,7	124°0	80,0	214°5
41	49,2	97°25	55,5	150°0	95	66,8	132°0	82,6	221°5
42	49,2	97°25	60,4	163°25	96	61,0	120°75	43,5	116°5
43	49,8	98°5	61,7	166°75	97	54,3	107°5	42,2	113°0
44	50,5	100°0	63,0	170°25	98	48,9	96°5	41,7	111°75
45	55,7	110°25	69,7	188°5	99	40,4	80°0	42,6	114°0
46	57,7	113°25	70,6	191°0	100	38,7	76°5	44,0	117°75
47	59,7	118°25	72,0	194°75	101	37,3	74°0	44,4	119°0
48	65,2	129°0	76,7	207°25	102	34,4	68°0	47,5	127°25
49	73,0	144°0	81,2	219°5	103	33,7	66°75	49,1	131°5
50	74,5	147°5	50,6	136°75	104	33,3	66°0	52,3	140°0
51	69,4	137°25	49,5	133°75	105	33,8	66°75	55,8	149°0
52	65,3	129°25	48,4	131°0	106	34,3	68°0	57,4	153°75
53	58,9	116°5	47,4	129°0	107	37,4	74°0	63,2	169°5
54	56,2	111°0	47,5	128°5	108	38,8	76°5	65,2	174°75



RÖNTGENOGRAMMA 26



Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ	Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ
221	28,8	57°0	74,7	220°	277	20,3	40°0	14,4	38°5
222	46,1	91°25	84,5	228°5	278	15,0	29°75	12,3	33°0
223	53,1	105°0	87,5	236°5	279	10,1	20°0	10,4	28°0
224	74,4	147°25	38,6	103°25	280	5,1	10°0	8,4	22°5
225	60,4	119°5	32,5	87°75	281	5,1	10°0	75,5	202°5
226	48,2	95°25	28,5	77°0	282	10,1	20°0	77,5	207°5
227	29,7	59°0	23,6	63°25	283	15,0	29°75	79,3	212°5
228	22,0	43°5	22,9	61°25	284	20,3	40°0	81,4	212°0
229	17,3	34°25	23,3	62°5	285	31,3	62°0	85,2	228°5
230	15,0	29°75	24,4	65°5	286	37,3	73°75	87,4	234°0
231	13,0	25°75	25,8	69°25	287	43,5	86°0	90,0	243°25
232	11,2	22°0	28,2	75°5	288	70,5	139°5	99,5	269°25
233	8,5	17°0	37,0	99°0	289	72,0	142°5	30,5	82°5
234	7,9	15°75	43,0	115°25	290	64,6	127°75	28,9	78°25
235	8,5	17°0	50,0	134°0	291	40,5	80°5	20,0	53°5
236	11,1	22°0	60,4	161°75	292	34,6	68°25	16,9	45°25
237	13,0	25°75	64,0	171°5	293	28,8	57°0	14,6	39°25
238	15,0	29°75	67,2	180°0	294	26,0	51°5	13,0	35°0
239	17,2	34°25	69,6	186°5	295	23,4	46°5	11,6	31°0
240	22,0	43°5	73,8	197°75	296	20,8	41°25	10,2	27°5
241	29,7	59°0	78,7	210°75	297	18,3	36°25	8,7	23°25
242	48,2	95°25	87,5	236°5	298	13,2	26°25	4,9	13°25
243	60,4	119°5	92,3	249°5	299	10,8	21°5	2,5	6°75
244	74,4	147°25	96,5	261°0	300	5,1	10°0	96,7	259°0
245	72,0	142°5	36,4	98°5	301	6,5	12°75	90,3	242°0
246	64,6	127°75	32,0	86°5	302	11,0	21°5	85,7	229°5
247	40,6	80°5	24,0	64°25	303	13,2	26°25	84,9	227°5
248	34,5	68°25	21,8	58°5	304	15,7	31°25	85,0	227°75
249	28,7	57°0	20,2	54°25	305	18,2	36°25	85,4	228°75
250	26,1	51°5	19,5	52°25	306	21,0	41°25	85,6	229°5
251	23,5	46°5	19,0	51°0	307	23,5	46°5	86,0	230°5
252	20,8	41°25	18,5	49°5	308	26,1	51°5	86,5	232°0
253	18,3	36°25	18,3	49°0	309	29,0	57°0	87,4	234°0
254	15,7	31°25	18,0	48°25	310	34,4	68°25	89,1	239°0
255	13,3	26°25	18,0	48°25	311	40,7	80°5	90,8	245°0
256	10,8	21°25	18,8	50°5	312	64,6	127°75	99,2	268°25
257	6,4	12°75	23,3	62°5	313	72,0	142°5	103,6	280°0
258	4,9	10°0	30,0	60°5	314	74,3	147°25	29,6	80°0
259	4,9	10°0	53,8	144°25	315	60,4	119°5	25,6	69°25
260	6,4	12°75	62,0	166°0	316	48,2	95°25	20,5	55°5
261	10,8	21°5	69,7	187°0	317	29,7	59°0	11,8	31°5
262	13,3	26°25	71,9	192°5	318	22,0	43°5	6,7	18°0
263	16,0	31°25	74,9	200°5	319	17,2	34°25	2,4	6°5
264	18,3	36°25	75,7	103°0	320	8,7	17°0	104,0	279°0
265	20,8	41°25	77,2	207°0	321	11,1	22°0	95,0	254°5
266	23,5	46°5	78,6	210°75	322	13,1	25°75	92,3	247°0
267	26,1	51°5	80,0	214°5	323	15,2	29°75	91,2	244°0
268	28,7	57°0	81,4	218°0	324	17,4	34°25	90,3	242°0
269	34,5	68°25	88,8	224°5	325	22,1	43°5	90,0	241°0
270	40,6	80°5	86,7	232°25	326	29,9	59°0	90,6	243°0
271	64,6	127°75	96,0	259°5	327	48,2	95°25	95,0	257°0
272	72,0	142°5	97,2	262°75	328	60,4	119°5	97,4	263°25
273	70,5	139°5	32,5	88°0	329	74,4	147°25	105,9	286°25
274	43,5	86°0	23,0	61°5	330	53,2	105°0	20,6	55°75
275	37,2	73°75	20,4	54°75	331	46,1	91°25	17,5	47°25
276	31,3	62°0	18,2	48°75	332	28,7	57°0	7,6	20°25

Núms.	x mm.	$2\theta$	y mm.	$\varphi$	Núms.	x mm.	$2\theta$	y mm.	$\varphi$
333	23,9	47°5	3,7	10°0	381	32,7	64°5	104,5	280°0
334	12,6	24°5	107,4	288°0	382	34,7	68°5	104,2	279°5
335	13,1	25°75	103,4	277°5	383	36,9	72°75	104,0	279°0
336	16,0	31°25	98,0	262°5	384	39,1	77°25	103,6	277°5
337	17,7	35°0	96,4	258°5	385	46,9	92°75	104,0	281°5
338	19,6	38°5	95,5	256°0	386	56,7	112°25	105,7	286°0
339	21,8	43°0	94,5	253°0	387	60,9	120°5	107,0	289°5
340	24,0	47°5	93,8	251°5	388	70,5	139°5	21,6	58°25
341	28,9	57°0	93,6	251°0	389	53,3	105°75	12,7	34°5
342	46,1	91°25	97,0	262°5	390	50,4	99°75	11,2	30°25
343	53,2	105°0	98,9	267°5	391	47,5	94°0	9,4	25°5
344	59,3	117°5	19,2	52°0	392	42,5	84°25	5,5	14°75
345	51,3	101°5	18,1	49°0	393	34,8	68°75	108,4	290°5
346	33,4	66°0	7,7	20°5	394	38,3	75°75	107,0	289°5
347	30,9	61°0	5,8	15°0	395	42,5	84°25	106,3	288°0
348	28,6	56°75	4,0	10°75	396	47,5	94°0	106,6	288°5
349	17,0	33°5	107,0	287°0	397	50,5	99°75	106,9	289°0
350	18,0	35°5	104,5	280°0	398	53,5	105°75	107,3	290°5
351	20,9	41°25	100,8	270°0	399	61,0	120°75	15,4	41°75
352	22,5	44°5	99,6	267°0	400	54,3	107°5	11,1	30°0
353	28,7	56°75	97,3	260°5	401	48,6	96°0	7,6	20°5
354	31,0	61°0	97,5	261°0	402	78,8	155°5	21,8	59°0
355	33,5	66°0	97,2	260°5	403	66,8	132°25	16,2	43°75
356	51,3	101°5	100,3	271°5	404	62,7	124°0	13,9	37°5
357	59,3	117°5	102,9	278°25	405	59,2	117°0	11,7	31°75
358	62,1	123°0	21,3	57°5	406	56,0	110°75	9,8	26°5
359	57,7	113°25	19,0	51°5	407	53,3	105°5	8,2	22°25
360	50,4	99°75	15,5	42°0	408	50,8	100°5	6,2	16°75
361	41,2	81°25	10,0	27°0	409	48,6	96°0	4,4	12°0
362	33,6	66°75	4,6	12°25	410	46,5	92°0	2,5	6°75
363	22,9	45°25	105,7	283°0	411	74,5	147°5	17,8	48°25
364	25,7	50°75	103,2	276°0	412	69,3	137°25	15,3	41°5
365	27,6	54°5	102,0	273°5	413	65,3	129°25	12,8	34°5
366	29,2	58°0	101,0	270°5	414	58,7	116°5	8,8	23°75
367	33,7	66°75	100,5	269°5	415	56,0	111°0	7,0	19°0
368	41,1	81°25	101,0	273°25	416	51,8	102°5	3,3	9°0
369	50,4	99°75	102,3	276°75	417	65,2	129°0	11,6	31°0
370	57,7	113°25	104,2	282°0	418	59,7	118°25	6,7	18°0
371	71,5	141°5	23,7	72°25	419	55,7	110°25	3,2	8°75
372	60,9	120°5	18,8	50°75	420	70,4	139°5	10,7	29°0
373	56,7	112°25	16,9	45°75	421	67,3	133°5	8,8	23°75
374	46,9	92°75	11,5	31°0	422	64,7	128°0	6,7	18°0
375	39,0	77°25	5,8	15°5	423	78,6	155°5	12,3	33°25
376	36,7	72°75	3,8	10°25	424	74,5	147°5	9,9	26°75
377	26,6	52°75	108,4	290°5	425	68,8	136°5	5,8	15°75
378	27,9	55°25	107,2	287°5	426	65,5	130°0	2,6	7°0
379	29,2	57°75	106,0	284°0	427	75,0	148°25	5,3	14°25
380	31,0	61°25	105,3	282°5					

TABLA L.—RÖNTGENOGRAMA núm. 27.—EJE DE GIRO c.  
PRIMER ESTRATO.—ANTICÁTODO: Cu.

Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ	Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ
1	77,6	153°5	70,6	190°5	55	42,3	83°5	69,0	186°5
2	75,5	149°75	71,0	191°5	56	44,0	87°0	70,5	190°25
3	75,5	149°75	74,0	199°75	57	47,0	83°0	74,0	199°75
4	77,6	153°5	77,3	208°75	58	53,5	124°0	79,5	230°75
5	75,7	149°75	64,5	173°75	59	63,0	105°0	85,5	214°5
6	72,5	142°5	64,5	173°75	60	51,1	101°25	48,0	129°50
7	70,0	138°5	64,0	172°75	61	39,0	77°0	50,5	136°5
8	68,5	135°5	64,5	173°75	62	37,6	74°5	51,0	137°75
9	65,8	130°5	65,0	175°5	63	36,5	70°25	52,0	140°5
10	65,0	128°75	66,5	179°5	64	34,3	68°0	61,0	164°75
11	65,0	128°75	71,5	193°0	65	36,6	70°25	66,5	179°5
12	66,0	130°5	72,5	195°75	66	39,0	77°0	70,4	190°0
13	68,6	135°5	76,7	207°0	67	40,8	80°75	72,0	194°5
14	70,0	138°5	77,0	207°75	68	76,5	151°5	51,5	139°0
15	73,0	144°25	79,4	214°5	69	64,0	127°0	48,0	129°75
16	76,0	150°5	81,5	220°0	70	60,3	119°75	47,5	128°5
17	75,0	148°5	61,5	166°0	71	50,0	99°0	45,0	121°50
18	68,0	134°75	60,3	162°75	72	47,2	93°0	45,0	121°5
19	63,3	125°0	60,5	163°25	73	44,7	88°25	45,0	121°5
20	62,0	122°75	60,5	163°25	74	36,2	71°75	46,5	125°5
21	58,0	114°75	63,0	170°0	75	33,3	65°75	48,5	131°0
22	57,0	113°0	65,0	175°5	76	32,1	63°5	49,7	134°0
23	57,0	113°0	68,0	183°5	77	31,0	61°5	51,4	138°75
24	58,0	114°75	70,3	189°5	78	29,7	58°75	56,2	151°75
25	59,0	116°75	72,0	194°5	79	29,7	58°75	58,5	158°0
26	61,8	122°75	75,0	202°5	80	30,4	60°25	62,1	167°75
27	63,5	125°0	76,5	206°5	81	31,0	61°5	63,8	172°25
28	68,0	134°75	79,7	215°25	82	32,0	63°5	67,5	182°25
29	58,2	114°75	57,5	155°25	83	33,0	65°75	68,0	184°50
30	50,7	100°25	61,0	164°5	84	35,0	69°5	70,0	189°0
31	50,0	99°0	63,5	174°0	85	36,3	71°75	71,4	192°75
32	50,7	100°25	67,3	181°75	86	38,2	75°75	73,5	193°5
33	58,0	114°75	76,5	206°5	87	44,7	88°25	79,3	214°0
34	60,8	120°5	78,5	212°0	88	47,0	93°0	80,5	217°25
35	66,2	131°0	82,0	221°25	89	50,3	99°0	82,7	223°25
36	74,5	147°25	87,5	236°25	90	53,7	106°5	84,6	228°25
37	51,4	107°0	54,0	145°75	91	65,0	127°0	90,5	244°25
38	44,4	88°0	60,5	163°5	92	38,5	75°75	41,5	112°0
39	44,4	88°0	63,5	171°5	93	36,3	71°75	42,5	114°5
40	45,5	90°0	65,5	176°9	94	32,2	63°5	43,5	117°5
41	46,5	92°0	68,7	185°5	95	30,5	60°25	44,5	120°0
42	54,1	107°0	77,3	208°75	96	27,8	54°75	46,6	125°5
43	62,0	122°75	82,0	221°5	97	26,8	52°75	49,4	133°5
44	75,0	148°5	89,5	241°25	98	25,2	49°75	58,8	158°75
45	62,7	124°0	51,5	139°0	99	26,7	52°75	63,5	171°5
46	59,0	116°75	51,0	137°75	100	27,2	54°75	65,6	177°0
47	53,3	105°5	50,5	136°5	101	29,0	57°5	67,0	181°0
48	47,0	93°0	52,0	140°5	102	30,3	60°25	70,0	189°0
49	42,2	83°5	53,5	144°5	103	32,1	63°5	71,8	193°75
50	40,5	80°25	55,5	149°75	104	36,0	71°75	76,5	206°75
51	40,0	79°25	56,5	152°5	105	44,0	87°0	82,0	221°25
52	39,0	77°0	60,7	163°75	106	72,3	112°5	46,5	125°5
53	40,0	79°25	64,4	173°75	107	38,0	75°0	39,0	105°25
54	40,5	80°25	65,6	177°25	108	35,2	69°5	39,0	105°25

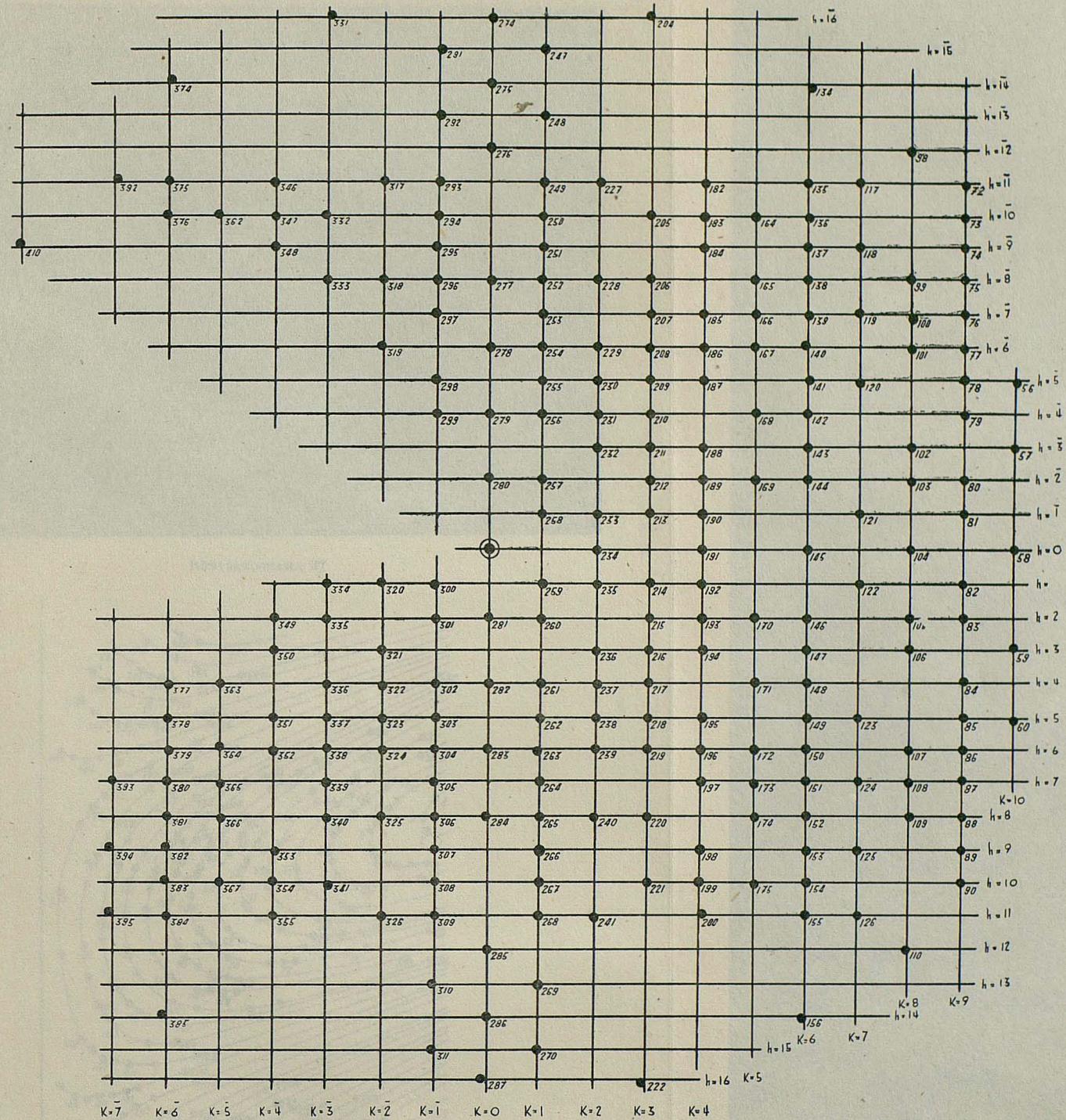
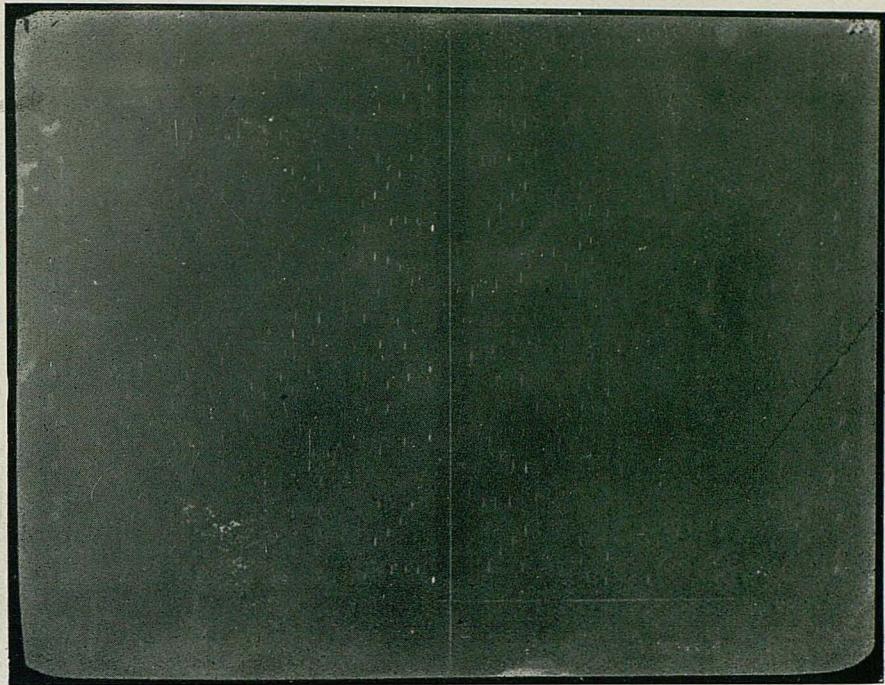
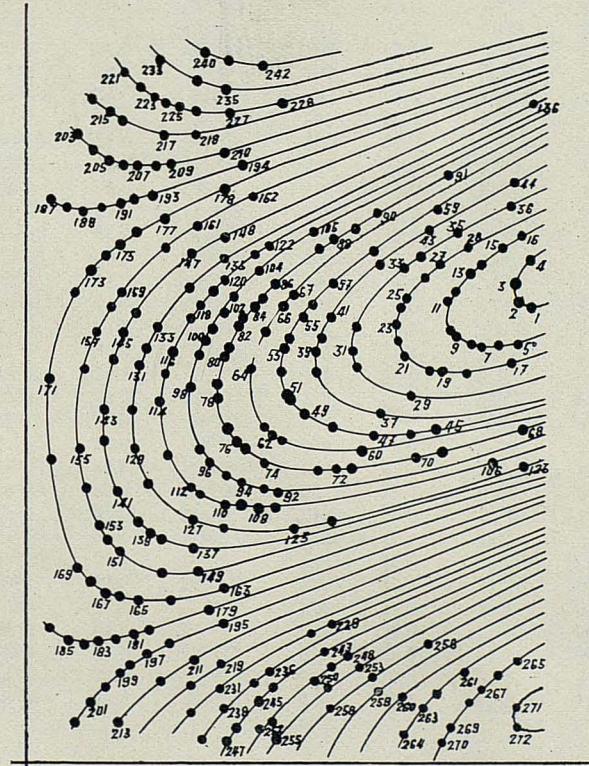


FIGURA 16.



RÖNTGENOGRAMA 27

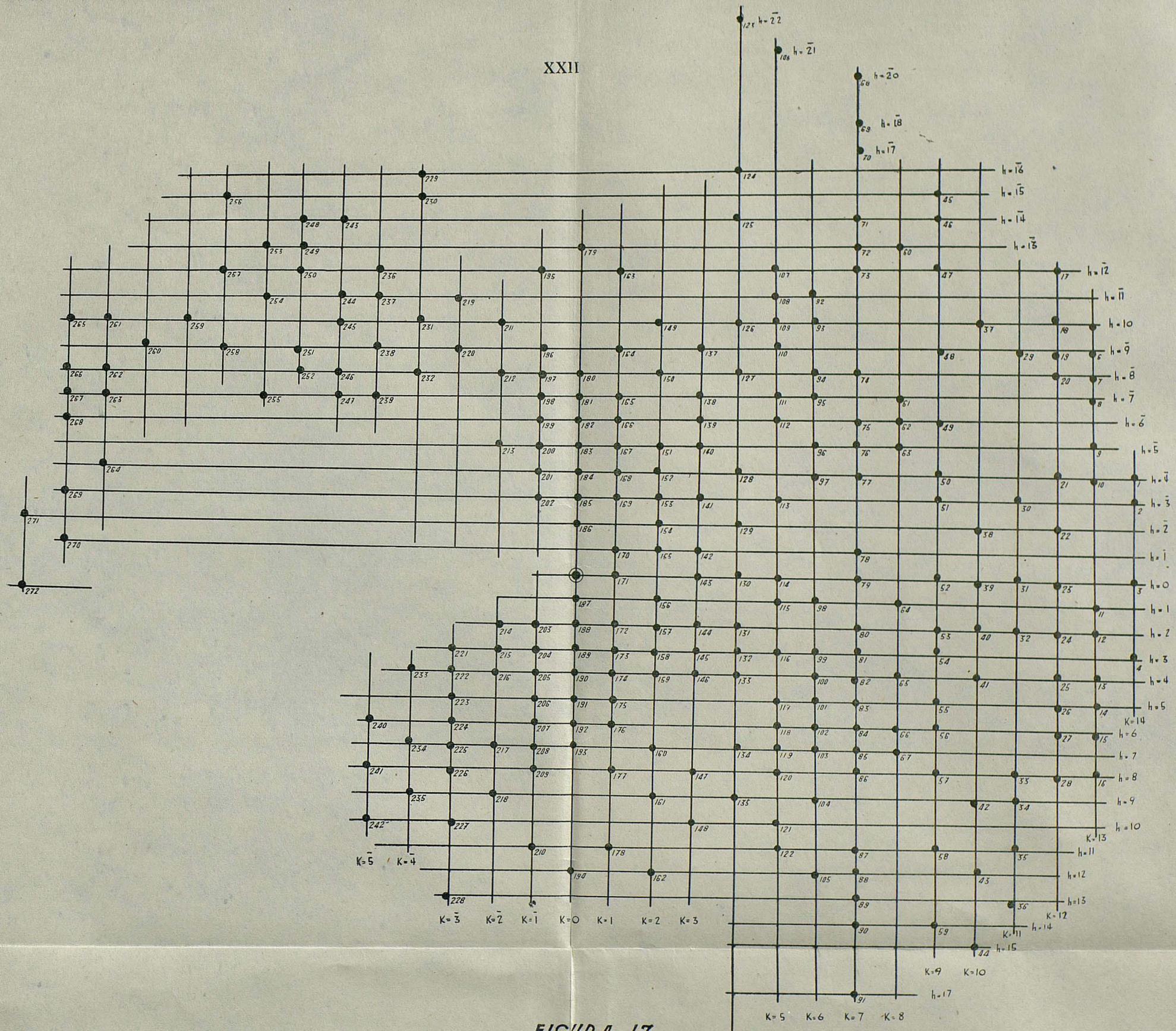


### DIAGRAMA 3

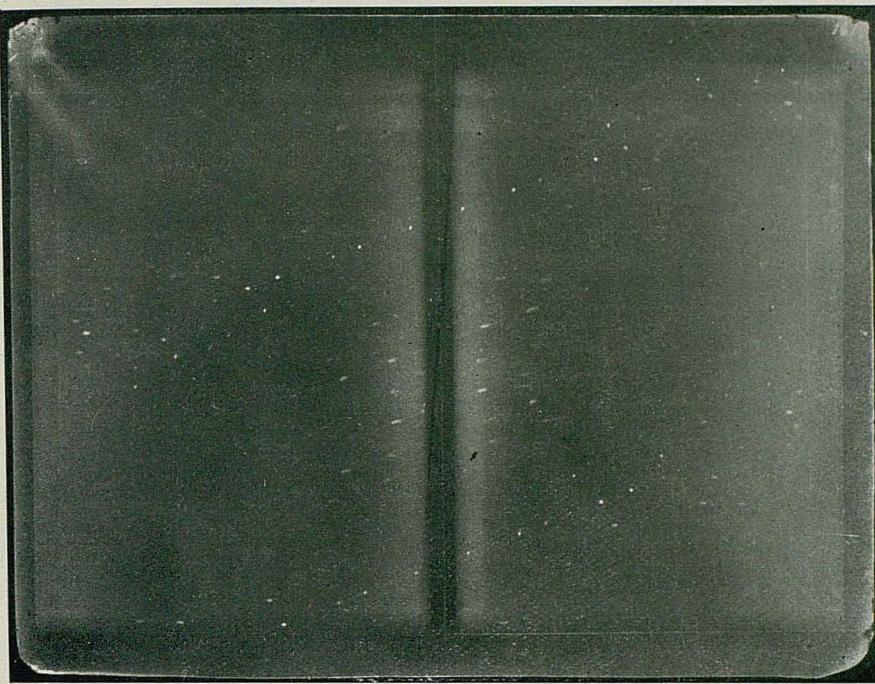
Núms.	x mm.	$2\theta$	y mm.	$\varphi$	Núms.	x mm.	$2\theta$	y mm.	$\varphi$
109	33,0	65°25	39,2	105°75	165	17,0	33°75	25,0	67°5
110	30,9	61°0	40,0	108°0	166	14,8	29°5	25,3	68°25
111	27,0	53°5	41,5	112°0	167	12,2	24°25	26,0	70°25
112	25,2	50°0	42,3	114°25	168	10,0	19°75	27,5	74°25
113	21,8	43°25	47,7	128°75	169	7,6	15°0	30,0	81°0
114	20,8	41°25	56,0	151°25	170	4,0	8°0	47,0	126°75
115	21,8	43°25	60,6	161°75	171	4,0	8°0	59,5	160°5
116	22,7	45°0	63,6	171°5	172	7,7	15°0	72,5	195°5
117	25,5	50°0	68,5	184°75	173	10,0	19°75	76,0	205°0
118	27,0	53°5	70,5	190°0	174	12,2	24°25	78,5	211°75
119	29,0	57°5	72,5	195°5	175	14,9	29°5	80,0	216°0
120	30,8	61°0	74,8	202°0	176	17,0	33°75	82,0	221°25
121	35,2	69°5	78,5	211°75	177	22,0	43°5	84,0	226°5
122	37,9	75°0	80,0	215°75	178	31,0	61°0	88,6	239°25
123	76,5	151°5	46,0	124°25	179	33,2	65°75	25,0	67°5
124	47,0	93°0	37,5	101°25	180	19,0	37°5	20,5	55°25
125	41,0	81°25	36,2	97°75	181	16,7	33°25	20,0	54°0
126	30,0	59°5	36,4	98°25	182	14,0	28°0	19,0	51°25
127	25,8	51°0	37,4	101°0	183	11,6	23°25	18,6	50°25
128	18,9	37°5	43,0	116°0	184	8,7	17°25	18,5	50°0
129	17,0	33°5	48,5	131°0	185	6,3	12°75	18,8	50°75
130	16,5	32°75	54,6	147°25	186	3,5	7°0	21,0	56°75
131	17,9	35°5	61,2	165°25	187	3,5	7°0	86,5	233°5
132	18,9	37°5	63,6	171°5	188	6,5	12°75	85,0	229°25
133	20,2	40°25	67,0	180°75	189	8,8	17°25	85,0	229°25
134	25,8	51°0	73,7	198°75	190	11,8	23°25	85,5	230°75
135	30,1	59°5	78,0	210°5	191	14,2	28°0	86,0	232°25
136	77,0	152°5	101,0	272°75	192	16,8	33°25	86,6	233°5
137	25,5	50°5	33,0	89°0	193	19,1	37°5	87,2	235°25
138	21,0	41°5	34,0	91°75	194	33,4	65°75	92,0	248°25
139	19,0	37°5	35,3	95°25	195	30,6	61°0	21,5	58°0
140	17,0	33°75	37,0	99°75	196	22,0	43°5	18,5	50°5
141	14,0	27°75	42,0	113°25	197	19,0	37°5	16,5	44°5
142	12,4	24°5	50,0	135°0	198	16,0	31°75	15,0	40°5
143	12,4	24°5	54,2	146°25	199	14,7	29°5	13,4	36°25
144	13,9	27°75	62,2	167°75	200	12,2	24°25	11,4	30°75
145	17,0	33°75	69,2	179°5	201	10,0	19°75	9,0	24°25
146	19,0	30°0	66,5	186°75	202	7,6	15°0	6,0	16°25
147	25,5	50°5	78,4	211°25	203	7,5	15°0	97,5	263°0
148	31,0	61°5	81,0	218°5	204	10,0	19°75	94,5	255°25
149	26,0	51°5	29,0	78°25	205	12,4	24°25	92,6	250°0
150	21,0	41°5	29,2	78°75	206	15,0	29°5	92,2	248°75
151	14,1	28°0	32,2	87°0	207	17,1	33°75	92,0	248°25
152	12,0	23°75	33,5	90°0	208	20,0	39°5	92,0	248°25
153	11,0	21°75	36,6	98°75	209	22,0	43°5	92,2	248°75
154	9,2	18°0	42,5	114°5	210	30,8	61°0	94,0	253°75
155	8,2	16°25	48,6	131°0	211	26,0	51°5	16,0	43°25
156	9,1	18°0	61,0	164°5	212	21,0	41°5	12,7	34°25
157	11,0	21°75	66,5	179°5	213	14,1	28°0	6,0	16°25
158	12,0	23°75	71,0	191°5	214	10,0	19°75	102,5	277°0
159	14,1	28°0	72,5	195°75	215	12,2	24°25	100,5	271°25
160	21,0	41°5	79,5	214°5	216	14,2	28°0	99,0	267°5
161	26,0	51°5	82,5	222°5	217	21,0	41°5	96,5	260°75
162	34,8	69°0	87,5	236°25	218	26,0	51°5	96,7	261°25
163	30,8	61°0	27,0	73°0	219	30,1	59°5	14,0	37°65
164	22,0	43°5	25,3	68°25	220	25,3	50°5	11,5	31°0

Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ	Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ
221	15,0	31°25	106,5	287°75	247	30,3	60°25	3,5	9°5
222	17,3	33°75	104,5	282°25	248	49,8	99°0	16,5	44°5
223	19,1	37°5	102,7	277°25	249	47,0	93°0	15,0	40°5
224	21,3	41°5	101,5	274°25	250	44,5	88°25	12,6	34°0
225	23,5	46°5	101,0	272°75	251	38,0	75°0	6,5	17°5
226	25,8	50°5	100,5	271°25	252	36,0	71°75	5,5	14°75
227	31,0	61°75	100,0	270°	253	51,1	101°25	14,5	39°25
228	39,5	78°25	101,5	274°25	254	46,1	91°25	11,5	31°0
229	47,0	93°0	21,5	58°0	255	38,7	77°0	3,6	9°75
230	44,0	87°0	20,0	54°0	256	62,5	124°0	19,0	51°25
231	30,0	59°5	11,5	31°0	257	53,1	105°5	13,0	35°0
232	25,6	51°0	7,6	20°5	258	47,0	93°0	8,5	23°0
233	20,5	40°25	108,5	293°25	259	54,0	107°0	11,0	29°75
234	26,0	71°0	105,0	283°50	260	57,8	114°5	10,0	27°0
235	30,3	59°5	103,5	279°75	261	67,8	134°75	14,0	37°75
236	37,8	75°0	14,0	37°75	262	63,0	125°0	10,3	27°75
237	35,1	69°5	12,0	32°5	263	61,0	120°5	8,5	23°0
238	30,7	61°0	8,2	22°0	264	57,6	114°75	4,5	12°0
239	26,9	53°5	4,0	10°75	265	75,7	149°75	16,0	43°25
240	27,3	53°5	109,0	294°25	266	72,8	144°25	13,5	36°5
241	31,0	61°0	108,5	293°25	267	70,0	138°5	11,5	31°0
242	36,0	71°75	107,5	290°25	268	68,0	134°75	9,7	26°25
243	46,0	91°25	17,0	46°0	269	65,0	128°75	5,5	14°75
244	38,2	75°75	11,5	31°0	270	64,0	126°75	8,5	9°5
245	36,0	71°75	9,7	26°25	271	75,6	149°75	8,5	23°0
246	32,1	63°5	5,2	14°0	272	75,6	149°75	5,6	15°0

XXII



**FIGURA 17.**



RÖNTGENOGRAMA 28

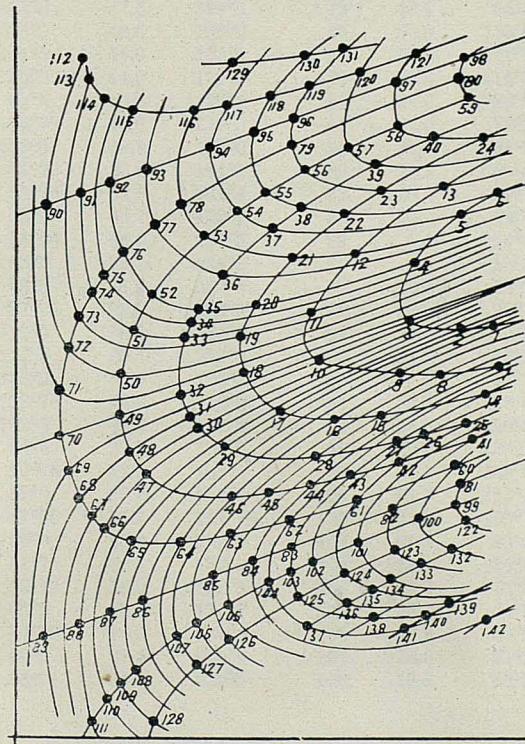


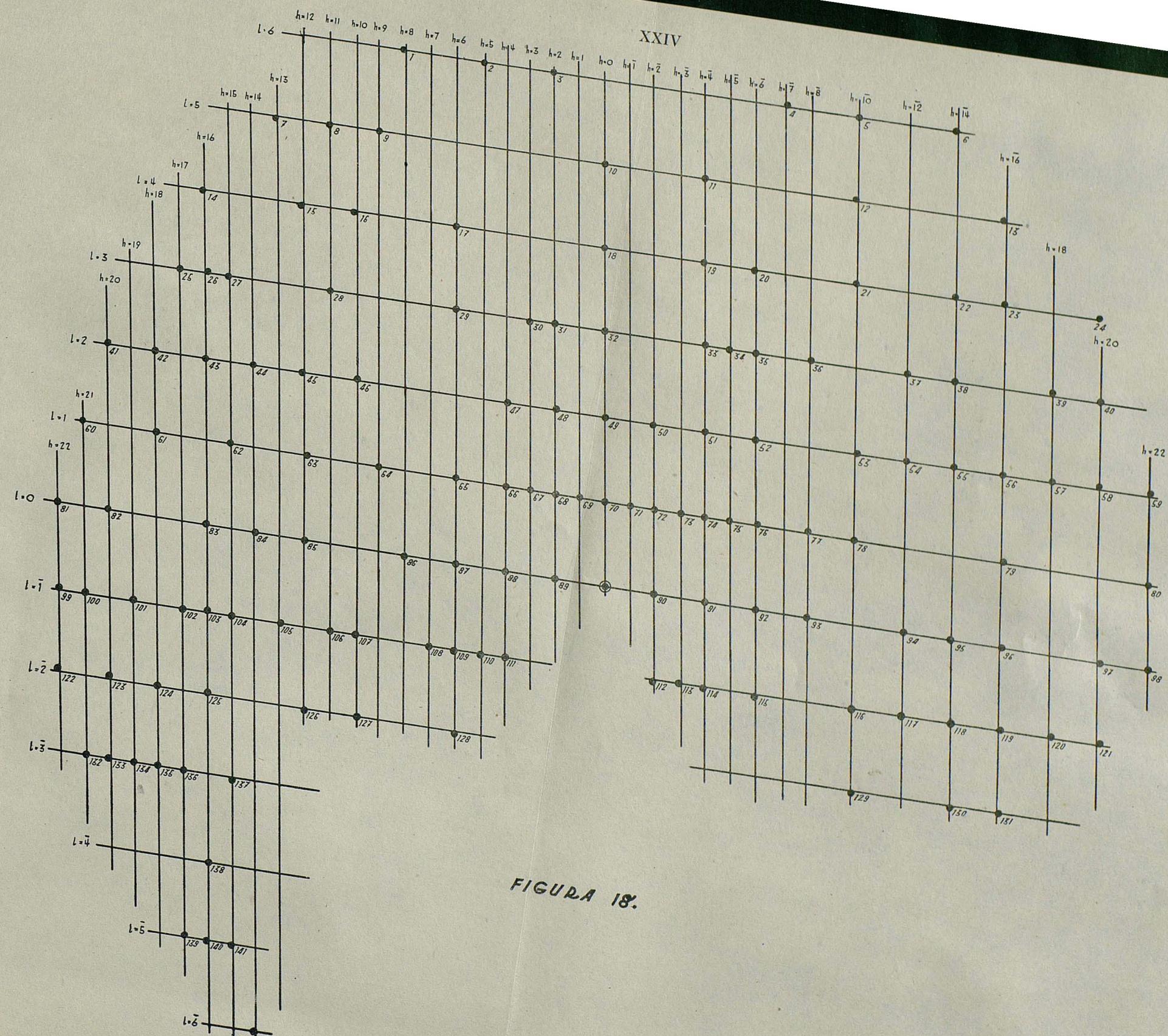
DIAGRAMA 4

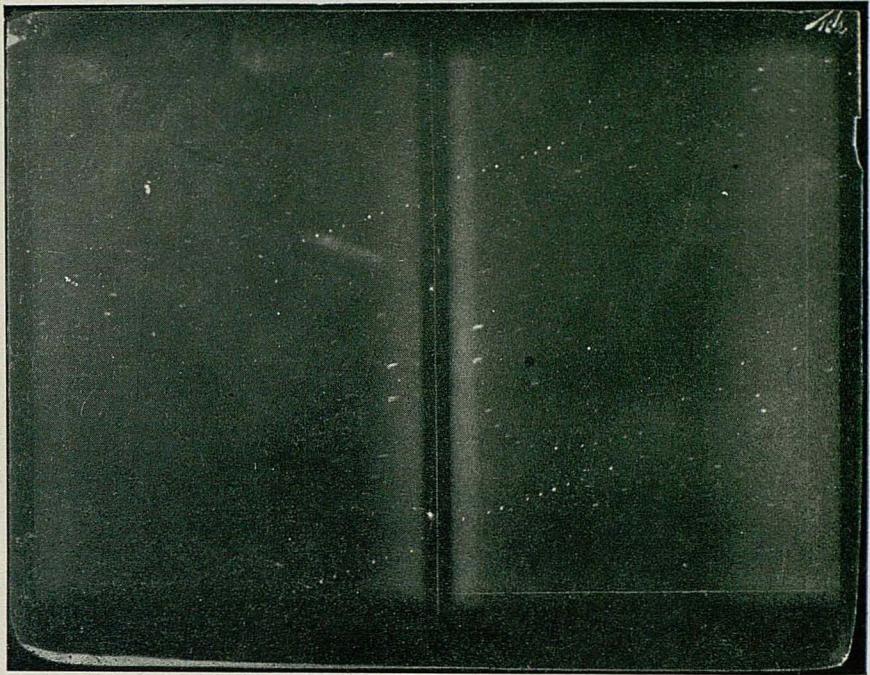
TÀBLA LI.—RÖNTGENOGRAMA núm. 28.—EJE DE GIRO *b*.  
ESTRATO ECUATORIAL.—ANTICÁTODO: Cu.

Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ	Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ
1	77,2	152°0	64,2	174°0	55	39,2	77°75	84,5	229°0
2	69,5	138°0	63,3	171°5	56	45,1	89°5	87,8	237°5
3	61,4	122°0	64,2	174°0	57	52,1	102°5	91,0	247°0
4	61,8	122°0	74,0	200°5	58	60,0	118°75	94,6	256°0
5	69,8	138°0	81,5	221°0	59	70,8	139°5	99,3	269°0
6	77,4	153°0	85,7	232°0	60	68,3	135°5	42,3	114°5
7	74,9	148°25	58,0	157°0	61	53,5	105°75	37,3	101°0
8	66,7	131°75	56,9	154°0	62	43,1	85°25	34,2	92°75
9	61,1	122°0	56,5	153°0	63	33,7	66°25	31,8	86°25
10	47,0	93°0	58,8	159°5	64	25,9	51°25	30,5	82°5
11	45,8	90°25	65,9	178°5	65	18,3	36°5	30,8	83°5
12	52,4	103°75	74,8	208°5	66	13,8	27°25	32,5	88°0
13	67,0	132°5	85,8	232°0	67	12,0	23°75	34,3	93°0
14	73,4	145°5	54,0	146°0	68	10,2	21°0	37,4	101°0
15	56,3	111°5	50,1	135°5	69	8,5	18°0	41,3	112°0
16	50,4	100°5	49,7	134°5	70	8,2	16°25	47,3	128°0
17	41,4	82°0	50,8	137°5	71	7,5	16°25	53,2	144°0
18	35,3	69°5	56,7	153°5	72	9,1	18°0	59,7	162°0
19	35,0	69°5	62,5	169°0	73	9,4	21°0	64,5	174°5
20	36,4	72°0	66,7	180°5	74	12,2	23°75	68,8	186°5
21	42,8	84°75	74,0	200°5	75	13,2	27°25	72,0	195°0
22	51,0	100°5	81,0	219°5	76	16,8	33°25	75,0	203°0
23	56,4	111°5	84,5	229°0	77	21,3	42°25	79,1	214°0
24	73,7	145°5	93,5	253°0	78	25,9	51°25	82,7	234°0
25	64,3	127°5	47,8	129°5	79	43,1	85°25	91,4	247°5
26	58,0	115°0	46,6	126°0	80	68,8	135°5	102,0	276°5
27	56,0	111°5	45,6	123°5	81	69,6	138°5	39,7	107°5
28	43,7	86°0	44,0	119°0	82	58,8	116°5	35,6	96°5
29	32,1	63°5	45,3	122°5	83	43,5	86°0	30,0	8125
30	27,7	54°75	48,0	130°0	84	37,0	72°25	27,5	74°5
31	27,0	53°5	49,8	155°0	85	31,1	61°5	25,2	68°25
32	25,7	51°25	53,4	144°5	86	20,2	40°0	21,2	57°5
33	26,2	51°25	62,0	168°0	87	15,0	29°75	19,4	52°5
34	26,7	53°5	63,7	172°5	88	10,0	19°75	17,6	47°75
35	28,4	56°25	66,6	180°5	89	5,0	10°0	15,7	42°5
36	32,1	63°5	71,2	193°0	90	5,0	10°0	82,5	223°5
37	39,6	78°5	78,5	212°5	91	10,0	19°75	84,3	228°0
38	44,3	87°75	82,0	222°0	92	15,0	29°75	86,0	233°0
39	56,3	111°5	88,9	240°5	93	20,2	40°0	87,8	238°0
40	64,5	127°5	93,1	252°0	94	31,1	61°5	91,6	248°0
41	70,3	139°5	46,3	125°25	95	37,0	72°25	93,7	254°0
42	59,8	118°75	42,9	116°0	96	43,5	86°0	96,1	260°0
43	51,7	102°5	40,6	110°0	97	58,9	116°5	101,7	276°0
44	45,2	89°5	39,2	106°0	98	70,3	138°5	105,8	286°5
45	39,2	77°75	38,1	103°0	99	68,2	135°0	36,0	97°5
46	33,8	67°0	37,8	102°5	100	62,3	123°25	33,5	90°75
47	20,8	41°25	41,2	111°75	101	53,5	105°75	29,8	80°75
48	18,2	36°5	45,0	122°0	102	47,0	93°0	26,7	72°25
49	16,8	32°75	50,3	136°0	103	42,9	84°25	25,5	69°0
50	16,4	32°75	56,0	151°5	104	39,8	78°5	23,7	64°25
51	18,4	36°5	62,8	170°0	105	33,6	66°25	20,7	56°0
52	21,0	41°25	68,6	186°0	106	28,2	56°25	17,7	48°0
53	29,8	59°0	77,5	210°0	107	25,8	51°25	16,3	44°25
54	34,4	68°0	81,1	220°0	108	18,8	36°5	10,6	28°75

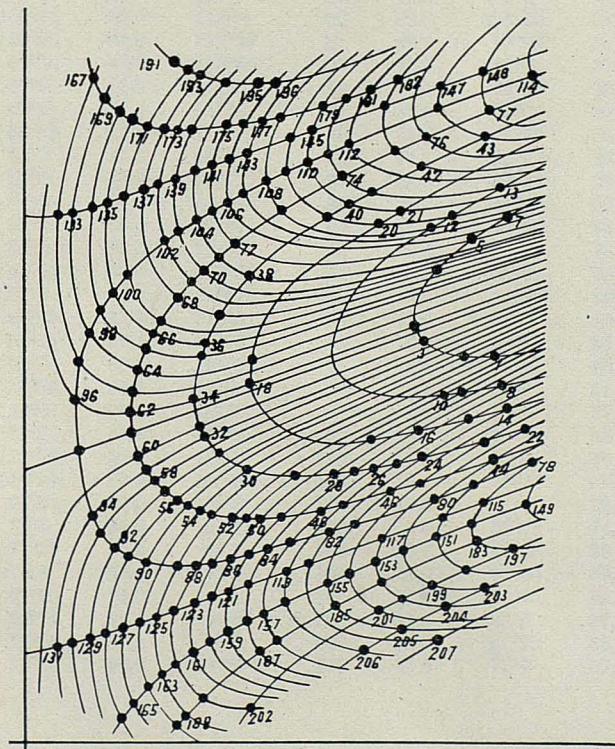
Núms.	x	y	φ	Núms.	x	y	φ		
	mm.	mm.			mm.	mm.			
109	17,0	33°25	8,2	22°25	126	33,3	66°25	14,6	39°5
110	14,3	27°75	5,4	14°75	127	28,4	56°25	11,0	29°75
111'	11,8	23°75	2,2	5°5	128	21,3	42°25	2,1	5°5
112	10,3	21°0	104,3	283°0	129	33,8	66°25	104,2	282°25
113	11,3	23°75	101,0	274°0	130	44,6	87°75	105,6	286°0
114'	14,0	27°75	99,4	269°0	131	51,3	101°5	106,7	289°0
115	18,5	36°5	97,5	264°0	132	67,8	135°0	29,2	79°0
116	28,2	56°25	97,2	263°0	133	63,7	126°75	27,3	74°0
117	33,7	66°25	98,1	266°0	134	58,3	116°0	24,7	67°0
118	39,6	78°5	99,3	269°0	135	55,1	109°5	23,2	63°0
119	46,2	91°5	101,4	275°0	136	51,0	101°5	20,8	56°5
120	53,6	105°75	103,5	280°5	137	45,3	90°25	17,1	46°25
121	62,8	124°5	106,2	288°0	138	54,7	109°0	18,1	49°0
122	70,2	138°5	33,6	91°0	139	68,3	135°5	21,3	57°75
123	58,8	116°5	28,6	77°5	140	66,2	131°75	20,0	24°25
124	51,1	101°5	24,9	67°5	141	61,5	122°0	17,5	47°5
125	44,3	87°75	21,6	58°5	142	73,9	147°0	18,9	51°25

0°000	0,00	0°31	1,0	1°	0°000	0,00	0°00	0,00	0,00
0°010	0,10	0°10	1,0	1°	0°010	0,10	0°00	0,00	0,00
0°020	0,20	0°28	2,0	2°	0°020	0,20	0°00	0,00	0,00
0°030	0,30	0°36	3,0	3°	0°030	0,30	0°00	0,00	0,00
0°040	0,40	0°43	4,0	4°	0°040	0,40	0°00	0,00	0,00
0°050	0,50	0°50	5,0	5°	0°050	0,50	0°00	0,00	0,00
0°060	0,60	0°56	6,0	6°	0°060	0,60	0°00	0,00	0,00
0°070	0,70	0°62	7,0	7°	0°070	0,70	0°00	0,00	0,00
0°080	0,80	0°68	8,0	8°	0°080	0,80	0°00	0,00	0,00
0°090	0,90	0°73	9,0	9°	0°090	0,90	0°00	0,00	0,00
0°100	1,00	0°78	10,0	10°	0°100	1,00	0°00	0,00	0,00
0°110	1,10	0°82	11,0	11°	0°110	1,10	0°00	0,00	0,00
0°120	1,20	0°86	12,0	12°	0°120	1,20	0°00	0,00	0,00
0°130	1,30	0°89	13,0	13°	0°130	1,30	0°00	0,00	0,00
0°140	1,40	0°92	14,0	14°	0°140	1,40	0°00	0,00	0,00
0°150	1,50	0°94	15,0	15°	0°150	1,50	0°00	0,00	0,00
0°160	1,60	0°96	16,0	16°	0°160	1,60	0°00	0,00	0,00
0°170	1,70	0°97	17,0	17°	0°170	1,70	0°00	0,00	0,00
0°180	1,80	0°98	18,0	18°	0°180	1,80	0°00	0,00	0,00
0°190	1,90	0°99	19,0	19°	0°190	1,90	0°00	0,00	0,00
0°200	2,00	1,00	20,0	20°	0°200	2,00	0°00	0,00	0,00
0°210	2,10	1,00	21,0	21°	0°210	2,10	0°00	0,00	0,00
0°220	2,20	1,00	22,0	22°	0°220	2,20	0°00	0,00	0,00
0°230	2,30	1,00	23,0	23°	0°230	2,30	0°00	0,00	0,00
0°240	2,40	1,00	24,0	24°	0°240	2,40	0°00	0,00	0,00
0°250	2,50	1,00	25,0	25°	0°250	2,50	0°00	0,00	0,00
0°260	2,60	1,00	26,0	26°	0°260	2,60	0°00	0,00	0,00
0°270	2,70	1,00	27,0	27°	0°270	2,70	0°00	0,00	0,00
0°280	2,80	1,00	28,0	28°	0°280	2,80	0°00	0,00	0,00
0°290	2,90	1,00	29,0	29°	0°290	2,90	0°00	0,00	0,00
0°300	3,00	1,00	30,0	30°	0°300	3,00	0°00	0,00	0,00
0°310	3,10	1,00	31,0	31°	0°310	3,10	0°00	0,00	0,00
0°320	3,20	1,00	32,0	32°	0°320	3,20	0°00	0,00	0,00
0°330	3,30	1,00	33,0	33°	0°330	3,30	0°00	0,00	0,00
0°340	3,40	1,00	34,0	34°	0°340	3,40	0°00	0,00	0,00
0°350	3,50	1,00	35,0	35°	0°350	3,50	0°00	0,00	0,00
0°360	3,60	1,00	36,0	36°	0°360	3,60	0°00	0,00	0,00
0°370	3,70	1,00	37,0	37°	0°370	3,70	0°00	0,00	0,00
0°380	3,80	1,00	38,0	38°	0°380	3,80	0°00	0,00	0,00
0°390	3,90	1,00	39,0	39°	0°390	3,90	0°00	0,00	0,00
0°400	4,00	1,00	40,0	40°	0°400	4,00	0°00	0,00	0,00
0°410	4,10	1,00	41,0	41°	0°410	4,10	0°00	0,00	0,00
0°420	4,20	1,00	42,0	42°	0°420	4,20	0°00	0,00	0,00
0°430	4,30	1,00	43,0	43°	0°430	4,30	0°00	0,00	0,00
0°440	4,40	1,00	44,0	44°	0°440	4,40	0°00	0,00	0,00
0°450	4,50	1,00	45,0	45°	0°450	4,50	0°00	0,00	0,00
0°460	4,60	1,00	46,0	46°	0°460	4,60	0°00	0,00	0,00
0°470	4,70	1,00	47,0	47°	0°470	4,70	0°00	0,00	0,00
0°480	4,80	1,00	48,0	48°	0°480	4,80	0°00	0,00	0,00
0°490	4,90	1,00	49,0	49°	0°490	4,90	0°00	0,00	0,00
0°500	5,00	1,00	50,0	50°	0°500	5,00	0°00	0,00	0,00
0°510	5,10	1,00	51,0	51°	0°510	5,10	0°00	0,00	0,00
0°520	5,20	1,00	52,0	52°	0°520	5,20	0°00	0,00	0,00
0°530	5,30	1,00	53,0	53°	0°530	5,30	0°00	0,00	0,00
0°540	5,40	1,00	54,0	54°	0°540	5,40	0°00	0,00	0,00
0°550	5,50	1,00	55,0	55°	0°550	5,50	0°00	0,00	0,00
0°560	5,60	1,00	56,0	56°	0°560	5,60	0°00	0,00	0,00
0°570	5,70	1,00	57,0	57°	0°570	5,70	0°00	0,00	0,00
0°580	5,80	1,00	58,0	58°	0°580	5,80	0°00	0,00	0,00
0°590	5,90	1,00	59,0	59°	0°590	5,90	0°00	0,00	0,00
0°600	6,00	1,00	60,0	60°	0°600	6,00	0°00	0,00	0,00
0°610	6,10	1,00	61,0	61°	0°610	6,10	0°00	0,00	0,00
0°620	6,20	1,00	62,0	62°	0°620	6,20	0°00	0,00	0,00
0°630	6,30	1,00	63,0	63°	0°630	6,30	0°00	0,00	0,00
0°640	6,40	1,00	64,0	64°	0°640	6,40	0°00	0,00	0,00
0°650	6,50	1,00	65,0	65°	0°650	6,50	0°00	0,00	0,00
0°660	6,60	1,00	66,0	66°	0°660	6,60	0°00	0,00	0,00
0°670	6,70	1,00	67,0	67°	0°670	6,70	0°00	0,00	0,00
0°680	6,80	1,00	68,0	68°	0°680	6,80	0°00	0,00	0,00
0°690	6,90	1,00	69,0	69°	0°690	6,90	0°00	0,00	0,00
0°700	7,00	1,00	70,0	70°	0°700	7,00	0°00	0,00	0,00
0°710	7,10	1,00	71,0	71°	0°710	7,10	0°00	0,00	0,00
0°720	7,20	1,00	72,0	72°	0°720	7,20	0°00	0,00	0,00
0°730	7,30	1,00	73,0	73°	0°730	7,30	0°00	0,00	0,00
0°740	7,40	1,00	74,0	74°	0°740	7,40	0°00	0,00	0,00
0°750	7,50	1,00	75,0	75°	0°750	7,50	0°00	0,00	0,00
0°760	7,60	1,00	76,0	76°	0°760	7,60	0°00	0,00	0,00
0°770	7,70	1,00	77,0	77°	0°770	7,70	0°00	0,00	0,00
0°780	7,80	1,00	78,0	78°	0°780	7,80	0°00	0,00	0,00
0°790	7,90	1,00	79,0	79°	0°790	7,90	0°00	0,00	0,00
0°800	8,00	1,00	80,0	80°	0°800	8,00	0°00	0,00	0,00
0°810	8,10	1,00	81,0	81°	0°810	8,10	0°00	0,00	0,00
0°820	8,20	1,00	82,0	82°	0°820	8,20	0°00	0,00	0,00
0°830	8,30	1,00	83,0	83°	0°830	8,30	0°00	0,00	0,00
0°840	8,40	1,00	84,0	84°	0°840	8,40	0°00	0,00	0,00
0°850	8,50	1,00	85,0	85°	0°850	8,50	0°00	0,00	0,00
0°860	8,60	1,00	86,0	86°	0°860	8,60	0°00	0,00	0,00
0°870	8,70	1,00	87,0	87°	0°870	8,70	0°00	0,00	0,00
0°880	8,80	1,00	88,0	88°	0°880	8,80	0°00	0,00	0,00
0°890	8,90	1,00	89,0	89°	0°890	8,90	0°00	0,00	0,00
0°900	9,00	1,00	90,0	90°	0°900	9,00	0°00	0,00	0,00
0°910	9,10	1,00	91,0	91°	0°910	9,10	0°00	0,00	0,00
0°920	9,20	1,00	92,0	92°	0°920	9,20	0°00	0,00	0,00
0°930	9,30	1,00	93,0	93°	0°930	9,30	0°00	0,00	0,00
0°940	9,40	1,00	94,0	94°	0°940	9,40	0°00	0,00	0,00
0°950	9,50	1,00	95,0	95°	0°950	9,50	0°00	0,00	0,00
0°960	9,60	1,00	96,0	96°	0°960	9,60	0°00	0,00	0,00
0°970	9,70	1,00	97,0	97°	0°970	9,70	0°00	0,00	0,00
0°980	9,80	1,00	98,0	98°	0°980	9,80	0°00	0,00	0,00
0°990	9,90	1,00	99,0	99°	0°990	9,90	0°00	0,00	0,00
0°1000	10,0	32°8	102	28°8	101	32°0	282°0	100	27°0





RÖNTGENOGRAMA 29



### DIAGRAMA 5

TABLA LII.—RÖNTGENOGRAMA núm. 29.—EJE DE GIRO *b*.  
PRIMER ESTRATO.—ANTICÁTODO: Cu.

Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ	Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ
1	73,4	145°5	60,5	163°25	55	24,8	49°25	36,4	98°25
2	67,9	134°5	60,2	162°5	56	22,6	44°25	37,4	101°0
3	61,0	120°75	62,2	168°0	57	20,7	40°75	38,7	104°5
4	59,7	118°0	64,0	172°75	58	19,5	28°75	40,4	109°0
5	61,2	120°75	70,0	188°0	59	18,3	36°5	42,5	114°75
6	68,0	134°5	76,9	207°5	60	17,5	35°0	45,0	121°5
7	73,7	145°5	80,7	218°0	61	16,7	32°75	47,8	129°0
8	71,8	142°25	55,0	148°5	62	16,7	32°75	51,1	138°0
9	66,2	130°75	54,2	146°5	63	16,5	32°75	54,2	146°5
10	64,1	126°75	53,9	145°5	64	17,8	35°0	58,0	156°5
11	64,2	126°75	81,2	219°25	65	18,6	36°5	61,0	164°5
12	66,0	130°75	82,0	221°25	66	19,8	38°75	63,7	172°0
13	72,0	142°25	85,5	230°75	67	20,5	40°75	65,0	175°5
14	71,6	141°5	52,0	140°5	68	22,0	44°25	70,0	189°0
15	68,8	135°5	50,2	135°5	69	25,5	49°25	71,2	192°25
16	60,0	118°75	48,7	131°5	70	27,0	53°25	73,0	197°0
17	53,7	106°50	47,2	127°5	71	29,8	58°25	75,2	203°0
18	34,7	68°75	56,0	151°25	72	32,0	62°75	77,0	208°0
19	34,7	68°75	59,0	159°25	73	38,7	77°25	82,5	222°75
20	53,8	106°5	80,0	216°0	74	48,5	98°5	87,3	235°5
21	60,0	118°75	83,7	226°0	75	55,7	110°25	90,8	245°0
22	77,0	152°25	48,7	131°5	76	60,3	119°75	93,6	252°75
23	70,8	140°5	47,0	127°0	77	71,6	141°5	97,5	263°25
24	60,5	119°75	44,0	118°75	78	77,5	153°5	43,0	116°0
25	55,8	110°25	43,0	116°0	79	68,5	135°5	40,0	108°0
26	53,0	103°75	42,3	114°0	80	63,3	125°25	38,0	102°75
27	49,8	98°25	41,8	112°75	81	49,8	98°75	34,0	91°75
28	46,8	92°75	41,6	112°25	82	46,5	92°0	32,9	88°75
29	41,2	81°5	41,3	111°5	83	40,1	79°25	30,9	83°5
30	34,0	67°0	42,0	113°0	84	36,9	73°0	30,1	81°25
31	29,4	58°75	44,9	121°25	85	34,0	67°25	29,5	79°5
32	27,0	54°0	47,3	127°5	86	31,1	61°5	28,9	78°0
33	26,4	52°5	49,0	132°25	87	28,5	56°25	28,5	77°0
34	25,7	51°0	53,1	143°25	88	25,9	51°50	28,1	75°75
35	26,7	52°5	60,0	162°0	89	23,3	46°25	28,0	75°5
36	27,6	54°0	61,7	166°5	90	18,4	36°75	28,3	76°5
37	30,0	58°75	66,0	178°25	91	15,8	31°00	29,2	78°75
38	33,6	67°0	71,8	193°75	92	13,8	26°75	30,4	82°0
39	47,0	92°75	81,0	218°5	93	11,7	23°00	32,3	87°25
40	49,7	98°25	83,1	224°0	94	10,1	20°00	35,2	95°0
41	51,5	102°0	85,0	229°5	95	8,1	16°00	45,5	122°75
42	60,6	119°75	88,2	238°0	96	8,1	16°00	51,8	139°75
43	71,2	140°5	93,1	251°5	97	8,9	17°5	57,9	156°5
44	71,6	141°5	43,6	117°5	98	10,1	20°00	62,6	169°0
45	60,5	119°75	40,0	108°0	99	11,0	23°00	66,3	179°0
46	56,0	110°25	39,0	105°25	100	13,1	26°75	69,8	188°0
47	48,5	93°5	37,0	100°0	101	15,5	31°0	72,1	194°75
48	45,3	89°5	36,2	97°75	102	19,0	36°75	74,9	202°25
49	39,4	77°25	35,2	95°0	103	23,7	46°25	78,8	212°75
50	36,1	71°5	35,0	94°5	104	26,0	51°50	80,4	217°25
51	34,0	67°25	35,0	94°5	105	28,5	56°25	82,1	221°75
52	31,5	62°75	35,0	94°5	106	31,0	61°5	83,5	225°5
53	29,0	58°25	35,2	95°0	107	34,0	67°25	85,0	229°5
54	26,8	53°25	35,9	97°0	108	37,0	73°0	87,3	235°5

Núms.	x	y	Núms.	x	y				
	mm.	2θ		mm.	φ	mm.	2θ	mm.	
109	40,1	79°25	87,9	237°25	159	31,0	61°5	17,2	46°5
110	43,1	85°25	89,1	240°5	160	28,3	56°25	15,9	43°0
111	46,7	92°0	91,0	245°75	161	26,0	51°50	14,0	37°75
112	49,8	98°75	92,2	249°0	162	23,5	46°25	12,2	33°0
113	63,5	125°25	97,7	264°0	163	21,1	41°5	10,3	27°75
114	77,7	153°5	103,2	279°0	164	19,0	36°75	8,5	23°0
115	70,5	140°0	37,5	101°25	165	16,7	32°25	6,2	16°75
116	64,4	127°5	35,1	94°75	166	14,6	28°25	3,4	9°25
117	55,0	108°75	31,5	85°0	167	10,1	20°0	102,3	276°5
118	43,7	86°5	27,3	73°75	168	12,0	23°0	99,3	268°0
119	40,3	80°0	26,3	71°0	169	14,0	28°25	97,3	263°0
120	34,2	67°5	24,2	65°25	170	16,0	32°25	36,0	259°0
121	31,1	61°5	23,1	62°25	171	18,0	36°75	95,0	256°25
122	28,3	56°25	22,1	59°75	172	20,8	41°5	95,0	256°25
123	25,7	51°0	21,1	57°0	173	23,0	46°25	94,9	256°25
124	22,8	45°0	20,2	54°0	174	26,0	51°50	94,9	256°0
125	20,2	40°0	19,2	51°75	175	31,0	61°5	95,8	258°5
126	17,7	35°0	18,3	49°0	176	34,0	67°25	96,2	260°0
127	15,0	29°75	17,5	47°25	177	36,8	73°0	96,9	261°5
128	12,6	24°75	16,6	44°5	178	40,0	79°25	98,7	266°5
129	10,0	19°75	15,5	41°75	179	46,3	92°0	99,3	268°0
130	7,5	14°75	15,0	40°0	180	50,0	98°75	100,4	271°0
131	5,0	10°0	14,5	39°0	181	54,0	106°5	101,5	274°0
132	5,0	10°0	81,0	218°5	182	58,0	114°75	103,0	278°0
133	7,5	14°75	81,6	220°25	183	70,5	140°0	81,0	83°75
134	10,0	19°75	82,1	221°75	184	55,4	110°25	24,5	66°25
135	12,5	24°75	83,0	224°0	185	48,0	93°5	21,0	56°75
136	15,0	29°75	83,9	226°25	186	39,0	77°25	16,0	43°25
137	17,8	35°0	84,7	228°25	187	36,0	71°5	14,0	37°75
138	20,2	40°0	85,7	231°25	188	27,2	53°25	6,7	18°0
139	22,9	45°0	86,6	234°0	189	25,0	49°25	4,5	12°25
140	25,9	51°0	87,6	236°5	190	23,3	46°25	2,2	6°0
141	28,4	56°25	88,5	239°0	191	24,5	49°25	104,0	281°0
142	31,0	61°5	89,7	242°0	192	26,5	53°25	103,0	278°0
143	34,2	67°5	90,5	244°0	193	31,0	61°5	102,3	276°0
144	40,5	80°0	92,7	250°0	194	36,3	71°5	102,4	276°5
145	43,7	86°5	93,9	253°5	195	39,0	77°25	102,8	277°5
146	55,0	108°75	98,0	264°75	196	48,3	93°5	104,3	282°0
147	64,6	127°5	101,5	274°0	197	76,5	151°25	30,2	81°5
148	71,0	140°0	103,9	280°5	198	69,0	136°0	26,9	72°5
149	77,5	153°5	37,0	100°0	199	63,8	126°25	24,8	67°0
150	68,7	135°5	33,5	90°5	200	59,0	116°75	22,0	59°5
151	63,3	125°25	31,0	83°75	201	55,8	110°25	20,8	56°25
152	58,0	114°75	29,4	79°5	202	35,0	69°25	5,5	14°75
153	53,6	106°5	27,5	74°25	203	72,5	143°5	25,0	67°5
154	50,0	98°75	25,9	70°0	204	67,0	132°5	22,0	59°5
155	46,4	92°0	24,5	66°25	205	58,5	115°75	18,0	48°5
156	40,0	79°25	21,7	58°5	206	52,5	104°0	14,0	37°75
157	36,7	73°0	20,1	54°25	207	65,6	129°75	17,0	46°0
158	34,0	67°25	18,7	50°0					

52182 1,28 22600 4,25 201 0,10 0,68 22078 0,48 12  
 52232 6,28 5,10 0,18 201 0,10 0,68 21720 0,18 12  
 52282 0,28 5,15 0,16 201 0,10 0,68 22020 0,10 12  
 52332 8,78 0,63 0,12 201 0,10 0,68 22032 0,12 12

## XXVI

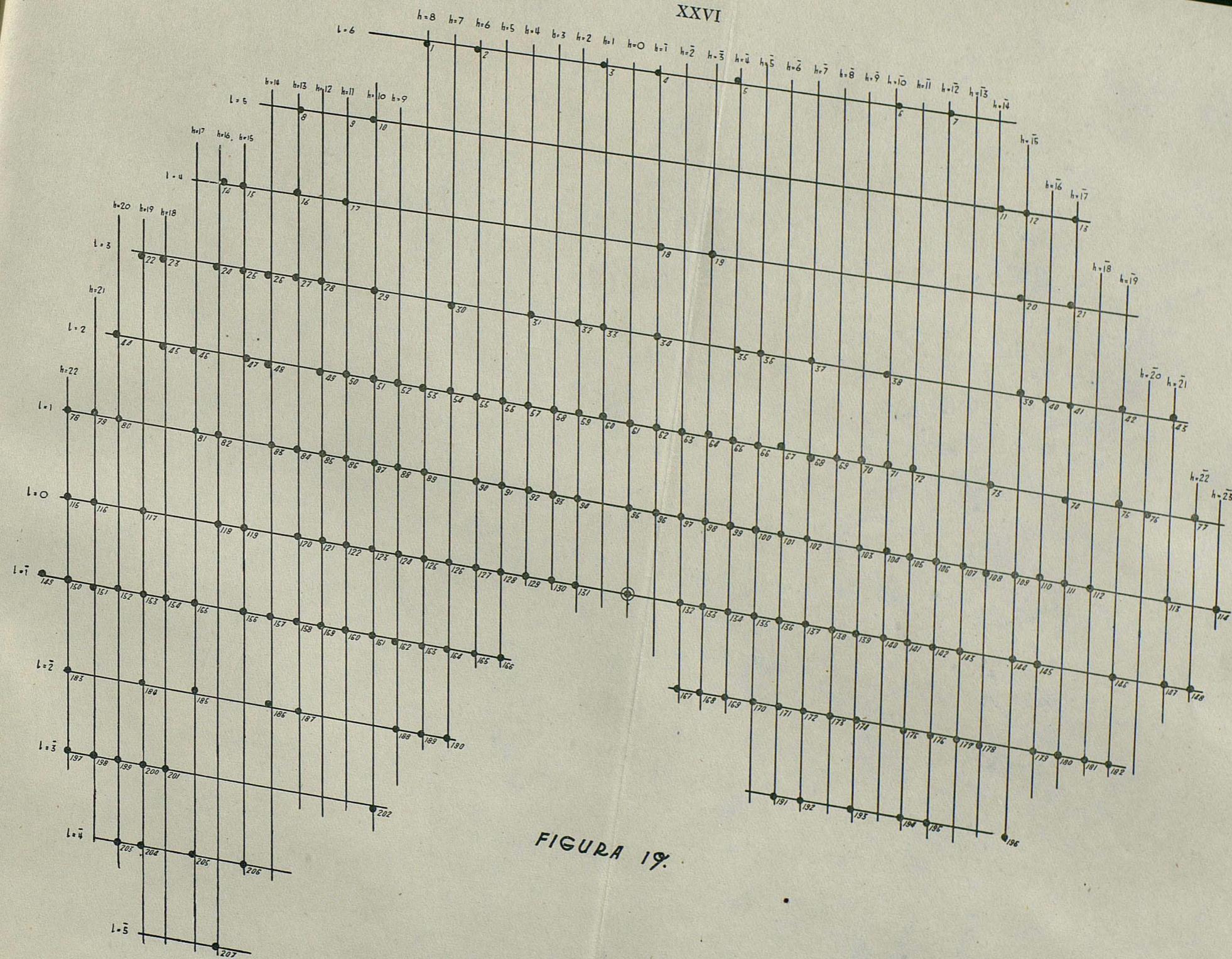
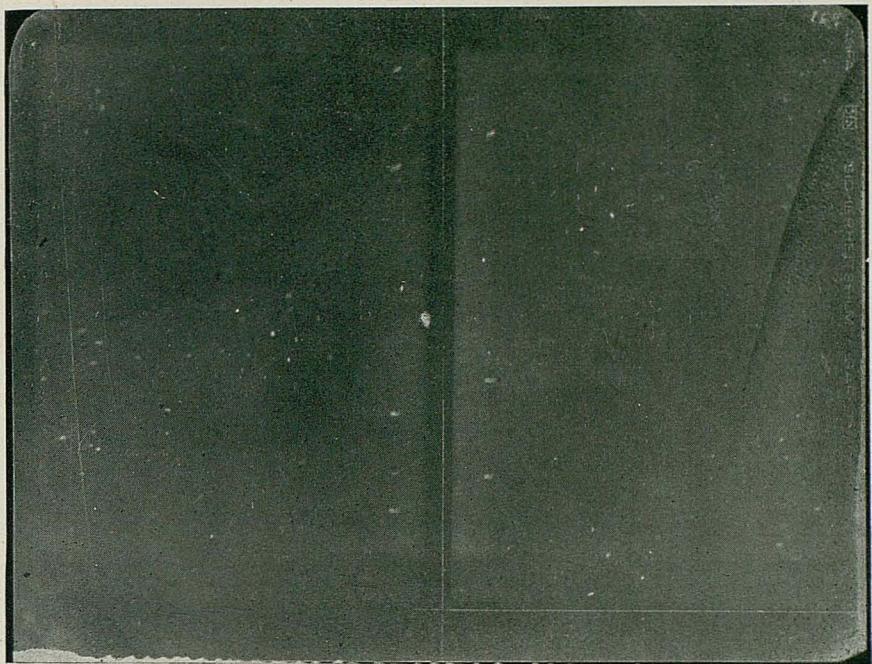


FIGURA 19.



RÖNTGENOGRAMA 30

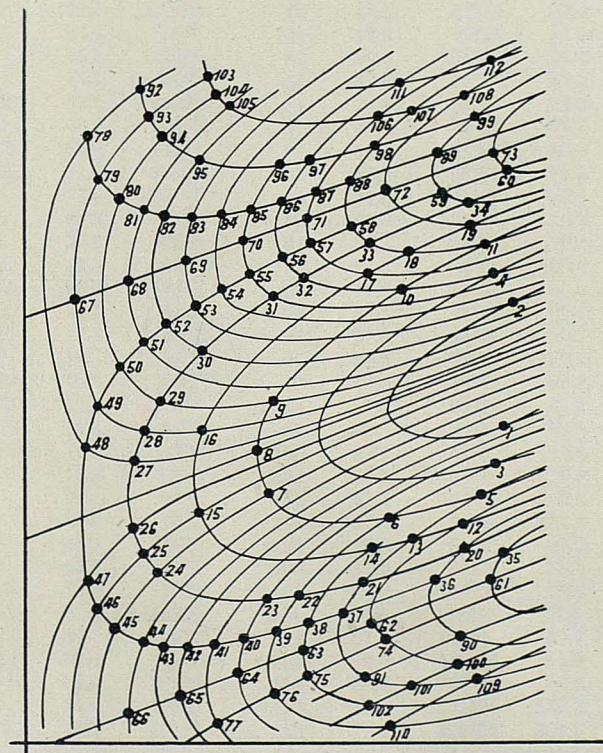


DIAGRAMA 6

TABLA LIII.—RÖNTGENOGRAMA núm. 30.—EJE DE GIRO  $\alpha$ .  
ESTRATO ECUATORIAL.—ANTICÁTODO: Cu.

Núms.	x mm.	2 $\theta$	y mm.	$\varphi$	Núms.	x mm.	2 $\theta$	y mm.	$\varphi$
1	72,7	144°75	49,0	132°75	57	44,6	87°25	76,5	207°5
2	73,3	144°75	67,5	183°0	58	50,1	98°75	78,9	213°75
3	70,7	140°25	42,9	116°25	59	64,1	126°25	84,6	229°25
4	71,0	140°25	72,5	196°5	60	74,3	146°5	88,2	239°0
5	70,6	139°75	38,3	103°75	61	71,7	142°75	25,0	57°75
6	57,1	113°25	35,6	96°5	62	54,3	108°25	18,6	50°5
7	37,5	74°75	38,5	104°25	63	42,5	85°0	14,5	39°25
8	35,5	70°25	44,8	121°25	64	32,6	65°25	10,7	29°0
9	38,1	74°75	52,5	142°25	65	23,8	47°75	7,4	20°0
10	57,5	113°25	69,8	189°0	66	15,4	31°0	4,2	11°75
11	71,0	139°75	77,7	210°5	67	8,0	15°75	68,1	184°5
12	67,1	133°5	33,7	91°25	68	16,0	31°0	70,9	192°0
13	59,6	118°75	31,5	85°25	69	24,3	47°75	73,7	199°75
14	53,5	106°25	30,3	82°0	70	33,3	65°25	77,1	208°75
15	27,0	54°0	35,5	96°25	71	43,2	85°0	80,7	218°5
16	27,2	54°0	48,3	131°0	72	55,0	108°25	84,8	229°75
17	54,0	106°75	72,6	196°75	73	72,5	142°75	91,0	246°75
18	60,2	118°75	75,8	205°5	74	43,5	86°25	10,2	27°5
19	67,7	133°5	79,3	314°75	75	38,7	77°25	7,9	21°5
20	68,1	135°5	30,3	82°0	76	34,0	68°0	5,7	15°5
21	53,2	105°5	25,7	69°5	77	29,3	59°25	3,2	8°75
22	42,4	84°75	23,6	64°0	78	9,5	18°5	92,5	250°5
23	37,9	75°75	22,9	62°0	79	11,7	23°0	86,6	234°5
24	20,6	41°25	26,6	72°0	80	14,7	28°75	83,7	226°75
25	18,3	37°0	29,3	79°5	81	18,3	35°75	82,0	222°0
26	17,0	34°0	33,4	90°5	82	22,0	43°25	81,4	220°5
27	17,0	34°0	43,2	117°0	83	26,0	51°25	81,5	220°75
28	18,7	37°0	48,1	130°25	84	30,2	59°25	82,2	222°75
29	20,8	41°25	52,5	142°25	85	34,7	68°0	82,8	224°25
30	27,5	54°0	60,0	162°5	86	39,4	77°25	83,9	227°25
31	38,5	75°75	68,5	185°5	87	44,6	87°25	85,4	231°5
32	43,0	84°75	71,5	193°75	88	50,0	98°75	86,8	235°25
33	53,6	105°5	76,4	207°0	89	64,0	126°25	91,5	248°0
34	68,6	135°5	83,2	225°5	90	68,0	135°5	16,9	45°75
35	73,7	146°5	29,0	78°0	91	52,7	105°5	10,3	28°0
36	63,3	126°25	25,3	45°75	92	17,6	34°0	100,3	272°0
37	49,5	98°75	20,8	68°5	93	19,0	37°0	96,0	260°25
38	43,8	87°25	19,1	56°25	94	21,1	41°25	93,1	252°25
39	38,7	77°25	17,8	48°25	95	27,0	54°0	90,0	244°0
40	34,2	68°0	16,7	45°25	96	38,5	75°75	89,1	241°5
41	29,7	59°25	15,8	42°75	97	43,1	84°75	89,9	243°5
42	25,5	51°25	15,5	42°0	98	53,8	105°5	92,2	250°0
43	21,5	43°25	15,2	41°25	99	68,8	135°5	96,5	261°5
44	18,0	35°75	15,7	42°5	100	67,0	133°5	12,8	34°75
45	14,4	28°75	17,2	46°5	101	59,5	118°75	9,3	25°25
46	11,3	23°0	20,1	54°5	102	53,2	106°25	6,0	16°25
47	9,2	18°5	25,9	70°25	103	27,6	54°0	102,2	277°25
48	9,3	18°5	44,7	121°0	104	29,2	57°75	99,7	270°0
49	11,7	23°0	52,2	141°5	105	31,2	61°75	98,0	265°5
50	14,5	28°75	57,3	155°25	106	54,0	106°25	96,6	262°0
51	18,0	35°75	61,6	167°0	107	60,3	118°75	97,9	265°25
52	21,8	43°25	64,7	175°25	108	67,8	133°5	100,0	271°0
53	26,1	51°25	67,4	182°75	109	70,0	139°75	10,3	28°0
54	30,3	59°25	69,8	189°0	110	56,7	113°25	3,2	8°75
55	34,8	68°0	72,0	195°0	111	57,7	113°25	102,0	276°5
56	39,4	77°25	74,3	201°5	112	71,0	139°75	104,8	284°0

TABLA LIV. — RÖNTGENOGRAMA núm. 31. — EJE DE GIRO *a.*  
PRIMER ESTRATO. — ANTICÁTODO: Cu.

Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ	Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ
1	77,8	153°5	52,0	140°0	54	39,8	78°0	18,9	50°75
2	59,9	118°5	53,4	143°75	55	34,9	69°0	17,8	47°75
3	59,9	118°5	56,6	152°25	56	30,4	60°0	16,7	44°75
4	77,5	153°5	73,0	196°5	57	26,3	51°75	16,0	43°0
5	70,0	138°75	44,1	118°5	58	22,7	44°25	16,0	43°0
6	63,8	126°0	43,0	115°75	59	15,4	30°25	17,5	47°0
7	47,3	93°75	46,0	123°75	60	12,1	23°75	20,5	55°0
8	46,0	91°0	49,7	133°75	61	9,5	18°75	26,2	70°5
9	47,3	93°75	54,0	145°25	62	8,6	17°0	35,5	95°5
10	56,2	111°25	64,2	172°5	63	9,5	18°75	45,8	126°25
11	63,6	126°0	70,3	189°0	64	11,9	23°75	53,5	146°5
12	70,0	138°75	73,8	198°5	65	15,2	30°25	58,7	157°75
13	62,8	124°0	37,8	101°75	66	22,5	44°25	66,2	178°0
14	56,8	112°25	36,7	98°5	67	26,3	51°75	68,8	155°0
15	36,5	72°25	41,0	110°25	68	80,4	60°0	71,1	191°25
16	35,6	70°5	43,1	116°0	69	34,7	69°0	74,4	200°0
17	35,6	70°5	48,1	129°5	70	39,4	78°0	76,0	204°25
18	36,5	72°25	51,0	137°0	71	44,3	87°75	78,2	210°25
19	56,6	112°25	71,2	193°0	72	49,6	98°25	80,7	217°0
20	62,4	124°20	75,0	201°75	73	62,9	127°0	86,9	233°75
21	78,0	153°5	38,8	104°5	74	73,3	145°75	91,0	244°75
22	59,6	117°5	32,7	88°0	75	62,5	122°5	23,0	61°75
23	48,6	96°0	30,3	81°5	76	55,1	108°5	20,1	54°0
24	33,8	67°0	30,5	82°0	77	43,5	85°5	15,6	42°0
25	28,7	57°5	33,6	90°5	78	38,5	75°5	13,7	36°75
26	27,2	54°25	36,0	96°75	79	29,2	57°25	9,9	26°75
27	27,4	54°25	49,0	131°75	80	25,0	49°0	8,0	21°5
28	29,0	57°5	52,7	141°75	81	16,5	32°25	4,8	13°0
29	33,6	67°0	59,0	158°5	82	4,0	89°0	70,0	188°5
30	48,5	96°0	71,0	191°0	83	8,1	16°0	70,1	188°75
31	59,2	117°5	81,2	218°25	84	12,2	24°25	71,1	191°25
32	77,3	153°5	86,0	231°5	85	16,1	32°25	72,3	194°5
33	59,9	118°0	29,0	78°0	86	24,6	49°0	74,5	200°5
34	48,0	94°5	25,6	68°75	87	28,8	57°25	77,1	207°5
35	43,0	85°0	24,5	65°75	88	37,9	75°5	80,4	216°0
36	38,5	75°5	24,0	64°5	89	42,9	85°5	82,2	221°0
37	23,7	47°25	25,0	67°25	90	54,3	108°5	86,8	233°5
38	21,0	41°75	27,0	72°5	91	61,1	122°5	89,9	241°75
39	18,7	37°5	29,8	80°0	92	{ 73,0	145°75	24,8	66°75
40	17,6	35°0	33,8	91°0		74,5			
41	17,6	35°0	44,0	118°5	93	56,5	110°5	17,1	46°0
42	19,0	37°5	48,8	132°75	94	50,0	98°25	14,0	37°75
43	20,8	41°75	53,5	143°75	95	44,5	87°75	11,7	31°5
44	23,8	47°25	57,7	154°5	96	35,1	69°0	6,8	18°25
45	31,0	61°25	64,0	172°0	97	31,0	60°0	3,9	10°5
46	38,0	75°5	70,0	188°5	98	8,6	17°0	103,2	277°75
47	43,0	85°0	72,3	194°5	99	9,5	18°75	94,5	254°0
48	47,5	94°5	76,1	204°75	100	12,0	23°75	88,7	238°75
49	59,5	118°0	81,0	218°0	101	18,5	36°5	83,8	225°25
50	74,0	145°75	30,7	82°5	102	22,0	44°25	83,0	223°25
51	63,5	127°0	27,0	72°5	103	26,1	51°75	83,2	223°75
52	50,0	98°25	22,1	59°5	104	30,0	60°0	83,5	224°5
53	44,6	87°75	20,3	54°5	105	34,6	69°0	84,5	227°5

XXVIII

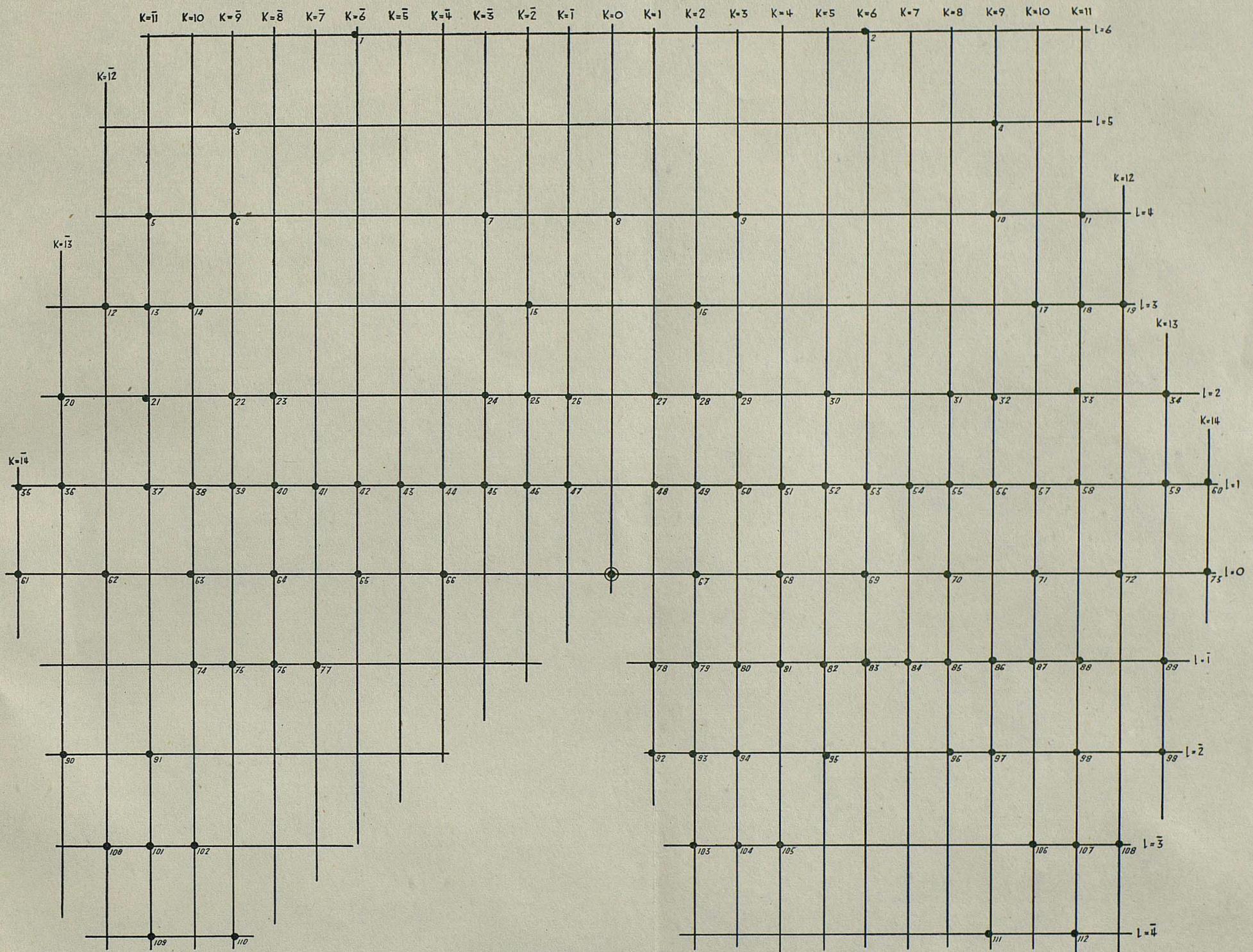
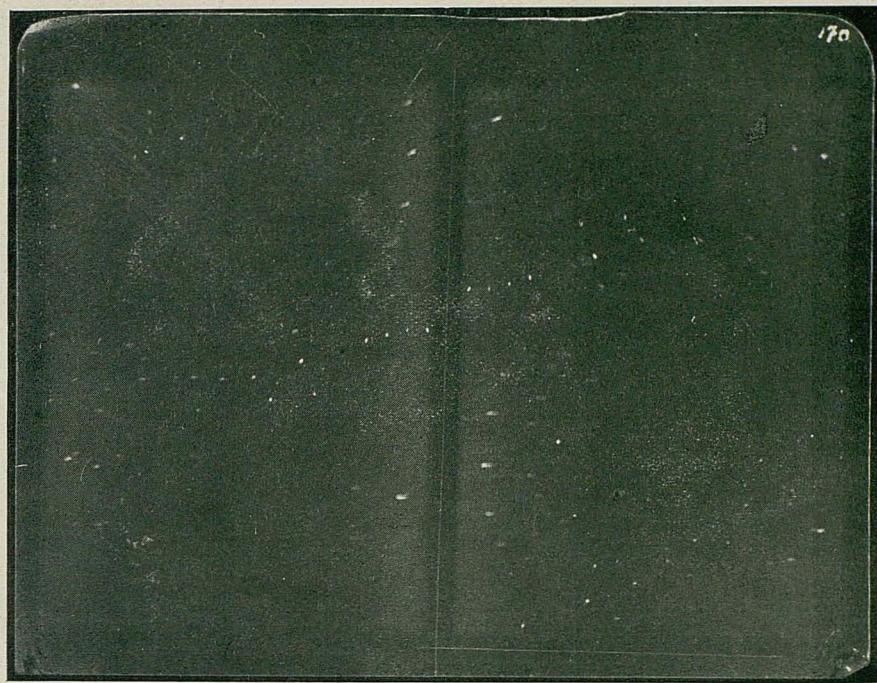
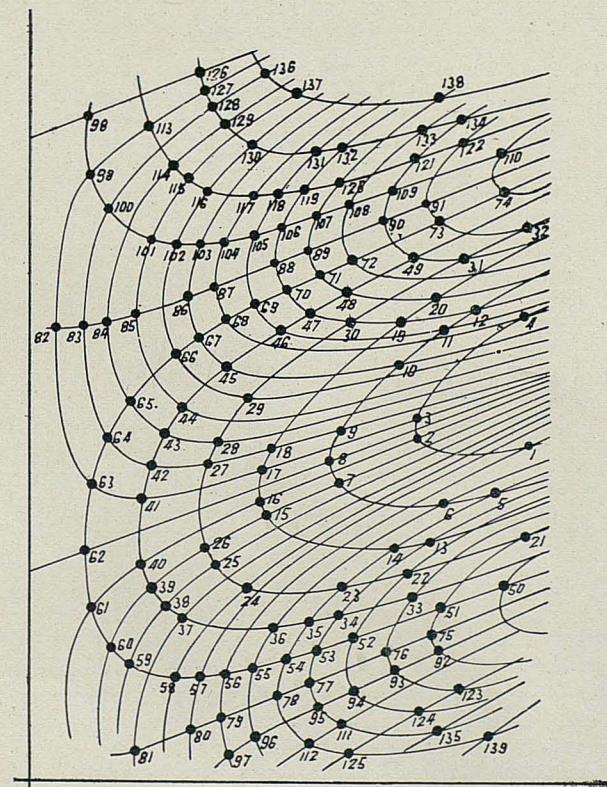


FIGURA 20.



RÖNTGENOGRAMA 31



### DIAGRAMA 7

Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ	Núms.	x mm.	2 θ	y mm.	φ
106	39,0	78°0	86,0	231°5	123	68,5	135°5	15,0	40°25
107	44,0	87°75	87,5	235°25	124	60,5	120°0	11,2	30°0
108	49,2	98°25	89,5	240°75	125	49,7	98°5	4,5	12°0
109	55,3	110°5	91,0	244°75	126	26,4	52°5	110,0	296°0
110	73,3	145°75	97,7	262°75	127	26,6	52°5	106,5	286°5
111	48,5	96°0	9,0	24°25	128	27,7	54°25	105°0	282°5
112	43,6	86°25	6,0	16°25	129	29,5	57°5	101,5	273°0
113	18,0	35°0	101,7	273°5	130	34,0	67°0	98,5	265°0
114	21,4	41°75	96,0	258°0	131	44,1	87°25	97,2	261°25
115	24,1	47°25	93,5	251°5	132	48,5	96°0	98,0	263°5
116	27,0	53°5	91,5	246°0	133	59,2	117°5	100,1	269°5
117	34,1	67°5	90,6	243°75	134	66,8	132°25	102,3	275°25
118	38,1	75°5	91,0	244°75	135	64,0	126°75	8,8	23°75
119	42,9	85°0	92,0	247°25	136	36,5	72°25	108,7	292°25
120	47,7	94°5	93,0	250°0	137	40,1	79°25	106,0	285°25
121	59,3	118°0	96,5	259°5	138	62,7	124°0	105,4	281°5
122	67,7	134°0	99,1	266°5	139	72,5	143°5	8,0	23°5

Los períodos de identidad que se deducen de los retículos reciprocos dibujados coinciden con los hallados mediante los röntgenogramas estratificados.

De una serie de medidas efectuadas sobre las figuras 18 y 19 se deduce para el ángulo  $\beta$  el valor  $98^{\circ}75$ . Se ve claramente que los ángulos  $\alpha$  y  $\gamma$  valen  $90^{\circ}$ .

#### 6. — VOLUMEN DE LA CELDILLA ELEMENTAL Y NÚMERO DE MOLÉCULAS

Teniendo en cuenta los valores que hemos encontrado para las constantes cristalográficas, el volumen de la celdilla elemental resulta

$$V = a b c \operatorname{sen} \beta = 1119 \text{ A}^3$$

y el número de moléculas por celdilla,

$$N = \frac{d \cdot V}{M \cdot 1,65 \cdot 10^{-24}} = \frac{3,09_9 \cdot 1119 \cdot 10^{-24}}{526,46 \cdot 1,65 \cdot 10^{-24}} = 3,99 \simeq 4$$

siendo la densidad  $d = 3,09_9$ , el volumen  $V = 1119 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^3$  y la masa molecular  $M = 526,46$ .

La densidad röntgenográfica resulta:

$$3,10_5$$

#### 7. — EXTINCIONES Y GRUPO ESPECIAL

Del examen de los diagramas y figuras de Weissemberg se deducen las siguientes reglas de extinción

Planos	Extinciones
$h k l$	no hay extinción
$h o o$	$h \neq 2 n$
$o k o$	$k \neq 2 n$
$o o l$	no hay extinción

Sin tanta seguridad por la escasez de puntos en el röntgenograma parece ser que también hay extinción para los planos  $h o l$  cuando es  $h \neq 2 n$  y  $l = 2 n$ .

Con los datos precedentes y según las Tablas Internacionales para determinación de estructuras (73) puede afirmarse con toda probabilidad que al aurotiosulfato sódico corresponde el grupo especial  $P\bar{2}_1/m - C_{2h}^{+}$

No tenemos noticia alguna sobre la estructura del grupo  $(S_2O_3)$  ni siquiera en compuestos sencillos, si bien recientemente hemos visto una referencia poco concreta (74) respecto a este grupo en el  $S_2O_3K_2$ . En estas condiciones y dada la complejidad de la fórmula de la sustancia que nos ocupa no es posible resolver el problema de la disposición atómica. Sabemos que actualmente se trabaja para dilucidar la citada estructura del grupo  $(S_2O_3)$ , una vez conseguido lo cual, pensamos abordar el problema total mediante el estudio de compuestos análogos de la misma familia.

## XXX

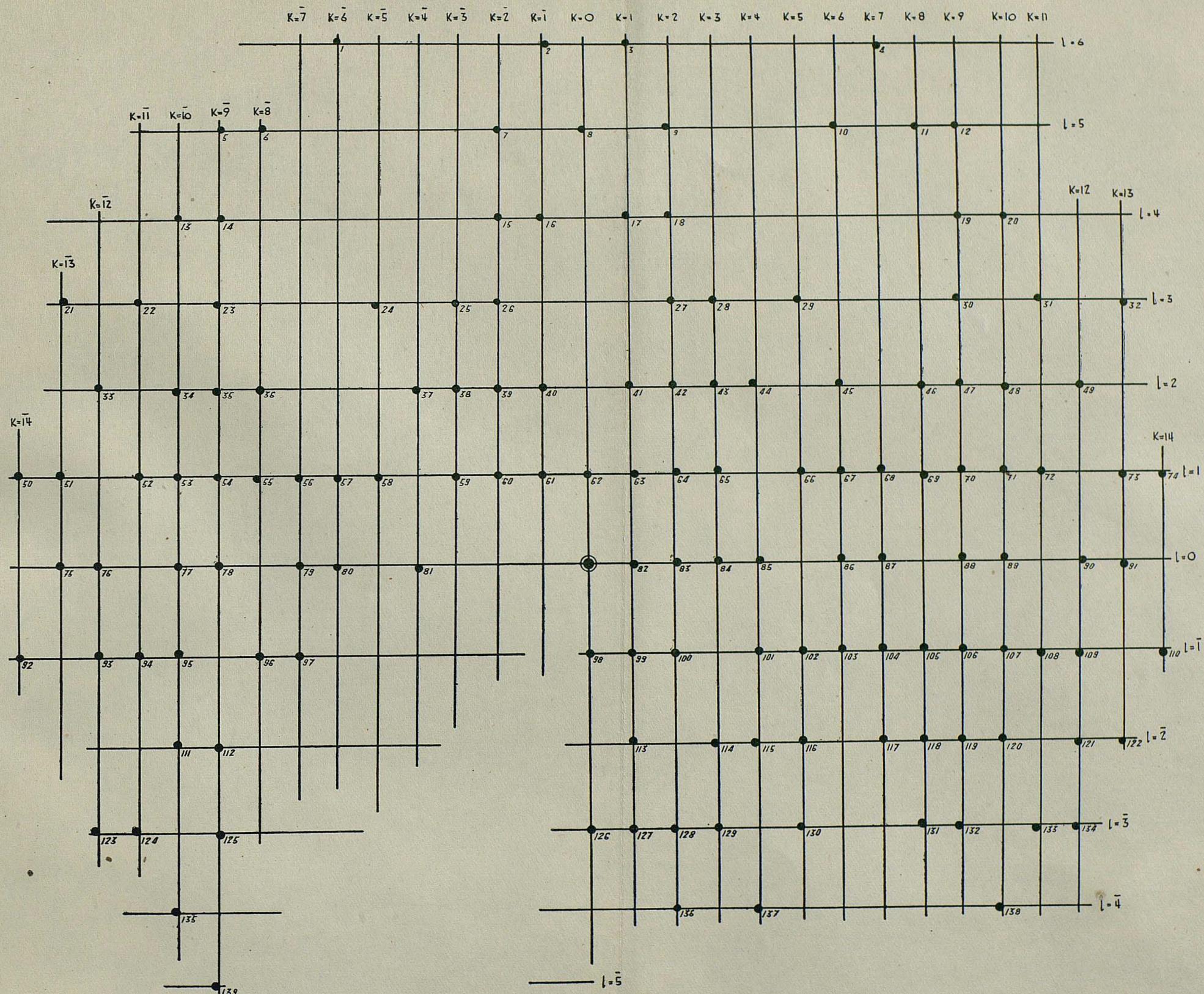


FIGURA 21

## CONCLUSIONES

1.<sup>a</sup> El IAu puede prepararse en estado de pureza y con un rendimiento del 99-100 %, sin que por otra parte ni el lavado rápido con alcohol ni su permanencia al vacío le descompongan.

2.<sup>a</sup> Si la disolución acuosa de ioduro sódico se agrega sobre otra acuoo-alcohólica (15/45 cc.) de cloruro áurico, tiene lugar la reducción del oro, pero rápidamente el ioduro auroso se descompone quedando un residuo de oro metálico.

3.<sup>a</sup> Agregando el IAu sólido sobre una disolución calculada de tiosulfato sódico la reacción de formación del aurotiosulfato sódico transcurre satisfactoriamente sin procesos secundarios que lo impurifiquen, dando líquidos incoloros y manteniéndose invariable el pH de la solución.

4.<sup>a</sup> En la reacción con el tiosulfato sódico el pH debe mantenerse siempre superior a 5,5 para evitar su descomposición.

5.<sup>a</sup> Para producir la reducción del oro deben emplearse las disoluciones corrientes de cloruro áurico de pH marcadamente ácido y el producto resultante de la reducción debe neutralizarse a un pH comprendido entre 5,5 y 6,5, que constituye la zona de pH en que la reacción con el tiosulfato para formar el aurotiosulfato se produce perfectamente, sin que se originen las perturbaciones que lleva consigo el uso de disoluciones de pH inferior o superior a estos límites.

6.<sup>a</sup> La mayor estabilidad de las disoluciones de aurotiosulfato sódico se encuentra en la región de pH 5,5-7.

7.<sup>a</sup> Pequeñas variaciones en la manera de operar como p. ej. el empleo del ácido cloroáurico  $\text{AuCl}_4\text{H}$  en lugar del cloruro  $\text{Cl}_3\text{Au}$ , utilizar disolución alcohólica de ioduro sódico en lugar de acuosa, o verificar la reducción vertiendo el ioduro sódico (solución acuosa) sobre el cloruro de oro, no implican inconveniente alguno; sin embargo, si se trabaja agregando disolución alcohólica de ioduro sódico sobre el cloruro áurico una buena parte del IAu formado se descompone. No se observa diferencia alguna entre el producto preparado en cuarto oscuro a la luz roja y otras preparaciones hechas sin esta precaución.

8.<sup>a</sup> Para las recristalizaciones lentas del producto, convienen concentraciones inferiores al 5 % y en ellos el pH entre 6 y 7.

9.<sup>a</sup> Se han obtenido, por recristalización lenta, cristales con un tamaño y formación adecuados para el estudio de su estructura cristalina por rayos X, y si bien nunca tienen la blancura y el brillo de los obtenidos en primera cristalización o en recristalizaciones rápidas, el análisis químico no aprecia diferencia en la composición.

10.<sup>a</sup> Hemos determinado la densidad del aurotiosulfato sódico  $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]\text{Na}_3\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , encontrando el valor 3,09.

11.<sup>a</sup> El aurotiosulfato sódico es algo sensible a los rayos X, tomando un ligero tinte después de prolongada exposición. Sin embargo, esta acción no influye para nada en las constantes cristalográficas.

12.<sup>a</sup> Hemos logrado preparar el aurotiosulfato de bario en forma cristalina por primera vez, dejando evaporar disoluciones acuosas del producto gelatinoso descrito por Fordos y Gelis (1. c. 1).

13.<sup>a</sup> Aplicando la receta de preparación que damos para la sal sódica, al potasio, sustituyendo las sustancias correspondientes, la reacción marcha perfectamente; se ha obtenido el producto en forma cristalina pero la cristalización no resulta tan sencilla como en el caso del de sodio.

14.<sup>a</sup> El aurotiosulfato sódico  $[Au(S_2O_3)_2]Na_3 \cdot 2H_2O$  cristaliza en el sistema monoclínico clase prismática.

15.<sup>a</sup> Las constantes cristalográficas tienen los siguientes valores:

$$a = 18,2_4 \text{ } \text{\AA} \quad b = 11,3_7 \text{ } \text{\AA} \quad c = 5,4_6 \text{ } \text{\AA}$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ \quad \beta = 98^\circ 75$$

16.<sup>a</sup> El número de moléculas en la celdilla elemental es de 4.

17.<sup>a</sup> El grupo espacial que corresponde a la citada sustancia es el

$$P\bar{2}_1/m - C_{2h}^2$$

*He de expresar mi mayor gratitud a los académicos Profesores D. Juan Martín Sauras y D. Juan Cabrera Felipe cuya sabia dirección y paternal solicitud han hecho posible la realización del trabajo. En la Facultad de Ciencias de Zaragoza, en sus Laboratorios, he encontrado siempre las máximas facilidades y he recibido de su Profesorado atenciones de todo género. También he de agradecer al Consejo Superior de Investigaciones Científicas la ayuda económica que supone el haber disfrutado de sus becas.*

Zaragoza, junio de 1946.

*Laboratorios de Química inorgánica  
y de Física de la Facultad de  
Ciencias.*

## BIBLIOGRAFIA

- (1) — M. J. FORDOS y A. GELIS. — Ann. Chim. Phys. (3), 13, 394 (1845).
- (2) — J. A. MATHEWS y L. L. WATTERS. — Journ. Amer. Chem. Soc., 22, 109 (1900).
- (3) — A. J. GELARIE y F. R. GREENBAUM. — Amer. Rev. Tuberc., 12, 314 (1925), Ref. Ch. A. 20, 1853 (1926).
- (4) — J. K. GJALBAEK. — Dansk Tids. Farm. 1, 251 (1927), Ref. Ch. A. 21, 2443 (1927) Ref. Chem. Z bl. I, 2184 (1927).
- (5) — "Etablissement Marret, Bonnin, Lebel et Guieu". — Pat Fr. 752. 135 Se pt. 16 (1933), Ref. Bull. Soc. Ch. Fr.
- (6) — H. MÖLLGAARD. — Chemotherapy of tuberculosis, Nyt Nordisk Forlag, Copenhague (1924). Ref. Ch. A.
- (7) — K. L. McCLUSKEY y L. EICHELBERGER. — Journ. Amer. Chem. Soc., 48, 136 (1926).
- (8) — E. H. ARCHIBALD y L. T. HALLET. — Journ. Amer. Chem. Soc., 47, 1314 (1925).
- (9) — M. E. DIEMER. — Journ. Amer. Chem. Soc., 35, 555 (1913).
- (10) — H. BROWN. — Journ. Amer. Chem. Soc., 49, 958 (1927).
- (11) — E. KEIDING. — Danish pat. 36, 761, Nov. 8 (1926), Ref: Ch: A: 22, 3024 (1928).
- (12) — E. KEIDING y J. KEIDING. — U. S: pat: 1: 640: 775, aug: 30, Ref: Ch. A. 21, 3425 (1927) Ref. Chem. Z bl II, 2336, (1927).
- (13) — E. KEIDING. — Danish pat 38.293 Dic. 27 (1927), Ref. Ch. A. 22, 3024 (1928).
- (14) — DANSK CHEMO-THERAPEUTIK SELSKAB VED ANDERSEN, SIESBYE & WEITZMANN. — Brit pat 261. 048, nov. 7 (1925) Ref. Ch. A. 21, 3429 (1927) Ref. Chem Z bl. I, 1055 (1927).
- (15) — J. ABELLÓ PASCUAL. — Ger. pat. 652.249 oct. 28 (1937), Ref. Ch. A. 32, 1877 (1938) Ref. Chem. Z bl. I, 2039 (1938).
- (16) — I. G. FARBENINDUSTRIE. — D. R. P. 12-7-1926, Ref. Chem. Z bl. II, 1316 (1926).
- (17) — L. BENDA. — U. S. pat. 1.648.213 nov. 8 (1828), Ref. Ch. A. 22, 481 (1828).
- (18) — L. CASELLA y Co. — Brit. pat. 253.946 June 27 (1925) Ref. Ch. A. 21, 2534 (1927).
- (19) — L. CASELLA y Co. — Brit. pat. 246 809 (1925) Ref. J. W. Mellor, A comp. Treat. on. inorg. and. Theoret. Chem. X, 541.
- (20) — J F. SCHEMBERG y C. S. WRIGHT. — Arch. Derm. Siph. Chicago, 15, 119 (1927), Ref. J. W. Mellor, Id. X, 541.
- (21) — C. HIMLY. — LIEBIG'S. Ann. 59,95 (1846). Ref. J. W. Mellor, Id. X, 541.
- (22) — P. JOCHUM. — Ueber die Einwirkung des unterschweflieg-Sauren Natrons auf Metallsalze, Berlin (1885), Ref. J. W. Mellor, Id. X, 541.
- (23) — G. BESSEYRE. — Ann. Chim. Phys (2) 54, 46 (1833), Fef. J. W. Mellor Id. III, 596.

- (24) — E. SONSTADT. — Proc. Chem. Soc. 15, 179 (1899), Ref. J. W. Mellor Id. III, 596.
- (25) — T. SVEDBERG. — Zeit Koll, 6, 239 (1910).
- (26) — H. FIZEAU. — Ref. J. W. Mellor, Id. III, 597.
- (27) — P. BERTHIER. — Ann. Chim. Phys., (3), 7, 82. (1843), Ref. J. W. Mellor, Id. III. 597.
- (28) — C. WINKLER. — Ber, 22, 890 (1889).
- (29) — H. ROSE. — Pogg. Ann. 9, 255. (1828) Ref. J. W. Mellor, Id. III, 597.
- (30) — H. W. F. WACKENRODER. — Journ. Prakt. Chem. (1), 18, 295, (1839) Ref. J. W. Mellor, Id. III, 597.
- (31) — V. LENHER. — Journ. Amer. Chem. Soc. 24, 357 (1902); 35, 550, (1913).
- (32) — J. PELLETIER. — Ann. Chim. Phys. (2) 15, 116 (1820), Ref. J. W. Mellor, Id. III, 602.
- (33) — A. PLEISCH. — Schweigger's Journ., 43, 387 (1825), Ref. J. W. Mellor. Id. III, 602.
- (34) — F. W. SCHMIDT. — Chem. Ztg., 20, 483 (1896), Ref. J. W. Mellor, Id. III, 610.
- (35) — WINTER. — Dissert. Bern. (1895), Ref. P. Pascal, Traité de Chim. min. VIII, 735.
- (36) — SPIEGEL. — Dissert. Bern. (1896), Ref. P. Pascal, Id. VIII, 735.
- (37) — J. C. LEUCHS. — Journ. prakt. Chem. (2), 6, 156 (1873) Ref. J. W. Mellor, Id. III, 587.
- (38) — J. J. BERCELIUS. — Lehrbuch der Chemie, Dresden, 3, 1011 (1827) Ref. J. W. Mellor, Id. III, 587.
- (39) — L. VANINO y L. RÖSLER. — Zeit. Koll, 6, 290, (1910).
- (40) — J. THOMSEN. — Journ. prakt. Chem. (2), 13, 357 (1876), Ref. 1. c. 48.
- (41) — F. LENGFELD. — Amer. Chem. Journ. 26, 324 (1901), Ref. 1. c. 48.
- (42) — L. G. FIGUIER. — Journ. Pharm. Chem. 6, 84 (1820), Ref. J. W. Mellor, Id. III, 587.
- (43) — J. LÖWE. — Dingler's Journ. 279, 167 (1891), Ref. J. W. Mellor, Id. III, 587.
- (44) — F. H. CAMPBELL. — Chem. News. 96, 176 (1907), Ref. 1. c. 48.
- (45) — F. MEYER. — Compt. Rend. 133, 815, (1901); 139, 733, (1904).
- (46) — E. PETERSEN. — Journ. prakt. Chem. (2), 46, 328 (1892), Ref. J. W. Mellor, Id. III, 605.
- (47) — M. J. FORDOS — Journ. Pharm. Chim. (2), 27, 653 (1841), Ref. Pascal. Id. VIII, 719.
- (48) — W. BILTZ. — Zeit. an. Chem. 148, 192 (1925).
- (49) — A. MEILLET. — Journ. Pharm. Chim. (2), 27, 665 (1841) Ref. Pascal, Id. VIII, 719.
- (50) — F. GRAMP. — Ber. 7, 1723 (1874).
- (51) — J. F. W. JOHNSTON. — Phil. Mag. (3), 9, 266 (1836), Ref. J. W. Mellor, Id. III, 608.
- (52) — P. SCHOTTÄNDER. — Liebig's Ann. 217, 312 (1883). Ref. Pascal, Id. VIII, 719.
- (53) — J. NICKLÉS. — Ann. Chim. Phys., (4), 10, 318 (1867), Ref. 1. c. 45.
- (54) — O. LOEW. — Zeit. Chem. (2), 5, 625 (1870), Ref. J. W. Mellor, Id. II, 607.
- (55) — A. HOUZEAU. — Compt. Rend. 66, 44 (1868).

- (56) — M. VIDAN. — Journ. Pharm. Chim., 4 20, 349 (1874).
- (57) — A. R. LEEDS. — Journ. Amer. Chem. Soc., 2, 270 (1880).
- (58) — M. BATTANDER. — Journ. Pharm. Chim., (4), 24, 214 (1876).
- (59) — G. PAPASOGALI. — Gazz. Chim. Ital., II, 277 (1881), Ref. J. W. Mellor, Id. II, 608.
- (60) — C. ENGLER y A. NASSE. — Liebig's. Ann., 154, 215 (1870), Ref. J. W. Mellor, Id. II, 608.
- (61) — F. P. TREADWELL. — Trat. de Quim. anal. Barcelona (1940, p. 220).
- (62) — F. KOHLRAUSCH. — Zeit. phys. Crem. 33, 257 (1900).
- (63) — A. RIUS y MIRÓ. — La Medicina Ibera, 22, 255 (1928).
- (64) — J. MARTÍN SAURAS. — Universidad. Zaragoza (1935).
- (65) — M. M. PICÓN. — Compt. rend. 199, 952 (1934); Journ. Pharm. Chim. 21, 101 (1935); Bull. Soc. Chim. (5), 2, 641 (1935).
- (66) — M. SIEGBAHN. — The spectroscopy of X — Rays, London (195) pág. 105.
- (67) — J. CABRERA. — Rev. R. Acad. Ciencias Madrid, 34, 180 (1940).
- (68) — J. ORLANS S. J. y J. GARRIDO. — Anal. de Mecánica y Electricidad, 21, 270 (1944).
- (69) — Micromanipulator "Mi pu" según JANSE y PETERFI, núm. 128725.
- (70) — T. PETERFI. — Die mikrurgische Methodik; Handb. d. biolog. Arbeitsmethoden. Abt. V, Teil 2, S 485-488 (1924).
- (71) — D. ORUETA. — Microscopia Madrid (1923), II pág. 173.
- (72) — J. ORLANS. S. J. y J. GARRIDO. Anal. de Mecánica y Electricidad, 21, 270 y 274 (1944).
- (73) — Internationale Tabellen Zur Bestimmung von Kristallstrukturen, Berlin (1935) I.
- (74) — A. F. WELLS. — Structural Inorganic Chemistry, Oxford (1945).

# NECROLOGIA

por FRANCISCO PASCUAL DE QUINTO

---

R. P. PATRICIO MOZOTA, E. P.—El 31 de octubre de 1946 y a los 73 años de edad, falleció santamente, como siempre había vivido, en el Colegio de los PP. Escolapios de Zaragoza, el R. P. Patricio Mozota miembro destacadísimo de la Orden Calasancia, entusiasta cultivador de las ciencias exactas, y fundador, en unión de las más elevadas personalidades científicas de su tiempo, de esta Academia de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de Zaragoza.

Una enfermedad larga y dolorosísima, llevada con gran entereza y profundo fervor religioso, le llevó al sepulcro, cuando aún podían esperarse de su amplia cultura, de su amor al trabajo y de su acendrada religiosidad, utilísimas intervenciones en el campo de la ciencia y en el sector de la enseñanza católica, que siempre cultivó con verdadero ahínco.

Nació en 1873 en Santa María de Huerva, pueblecito, preponderantemente agrícola, próximo a Zaragoza.

Su inteligencia privilegiada se destacó muy pronto entre la de los niños, que, con él, concurrian a la Escuela Municipal, haciendo concebir, primero a sus maestros, y después, a sus padres y parientes más allegados, agricultores modestos, pero acomodados de la localidad, esperanzas muy halagüeñas, que el niño no había de defraudar.

Ingresó muy joven como alumno interno en el Colegio de PP. Escolapios de Zaragoza, donde su inteligencia despierta y marcada laboriosidad, le permitieron aprovechar a fondo las enseñanzas, de todas clases, que le daban sus virtuosos profesores.

Adquirió rápidamente los conocimientos humanos propios de la edad y fué adornado su corazón con una piedad destacadísima que pronto lo llevó a ingresar, con marcada vocación, en la Orden Calasancia.

Cursó sus estudios filosóficos en el Colegio de Irache (Navarra) y los teológicos en el Seminario Escolapio de Cardeña (Burgos), sin que la intensidad de los mismos y la abstracción espiritual, que unos y otros suponen, le llevaran a abandonar el cultivo de las ciencias por el que siempre mostró especial predilección.

Percatados sus superiores de las aptitudes especialísimas que para ellas manifestaba, le hicieron armonizar las actividades docentes, que muy pronto empezó a desarrollar en las Escuelas Pías zaragozanas, con el estudio de las ciencias, realizado bajo los auspicios del sabio profesorado que tan alto colocaron y conservan el prestigio de la Facultad de Ciencias de Zaragoza.

Desde aquellos tiempos el P. Mozota, como le llamaban sus discípulos y condiscípulos y sus numerosos admiradores, abrigó en su corazón dos amores profundos e inseparables: su Colegio, por el que tanto trabajó, y

su Facultad en la que tanto estudió y aprendió de sus profesores por los que sentía, como sentían sus alumnos por él, una admiración que, a fuerza de ser profunda y sincera, se aproximaba mucho a la veneración.

En su Colegio, enseñó con fruto ciencias físico-químicas y exactas, a innumerables promociones de alumnos, que lo admiraban por sus profundos conocimientos en las materias, que explicaba, que lo respetaban por la rígida disciplina con que llevaba la labor docente y que lo querían porque al igual que el Santo Fundador de la Orden a que pertenecía, era paternal con sus alumnos siempre que de las consiguientes bondades no pudieran derivarse perjuicios para la enseñanza, ni para su formación religiosa.

Estas dotes verdaderamente sobresalientes no pasaron desapercibidas para sus superiores a pesar de la acentuada modestia que informaba todas las actuaciones del P. Mozota.

Percatados los elementos directivos de la Orden Calasancia de que poseía, además, unas dotes organizadoras acentuadísimas lo elevaron, por santa obediencia, al puesto de Rector de la Escuela Pía zaragozana donde derrochó dinamismo, logrando transformar en los diez años escasos que duró su rectorado el vetusto Colegio, donde lo conocimos con la doble condición de discípulos y admiradores, en el soberbio edificio, dotado de todos los adelantos que exige la moderna pedagogía que da el tono, por su porte y magnificencia, de la espléndida enseñanza religiosa, científica y social, que reciben los alumnos, cada vez más numerosos, que hacen sus estudios en los Escolapios de Zaragoza.

Después fué nombrado Provincial de Aragón y Sudamérica y si obtuvo grandes éxitos mientras fué Rector, aun fueron mayores, si cabe, los que logró durante su provincialato.

Fundó el Colegio de Logroño logrando que éste fuera tenido, bien pronto, como un modelo entre las instituciones análogas por las admirables proporciones que dió a sus dependencias y la acertada organización con que inició las enseñanzas.

Al mismo tiempo acometió la construcción del nuevo Colegio de Pamplona y por si esto fuera poco, durante su memorable visita a las Comunidades y Colegios Escolapios de Sudamérica, fundó los Colegios de Río Cuarto y de Rosario de Argentina dando, además, acertadas consignas para su más rápido desenvolvimiento y para que tan importantes fundaciones rindiesen, desde luego, los óptimos frutos que de ellas se esperaban.

Después, al cesar en el provincialato por la necesidad de descanso que su fatiga personal exteriorizaba, fué asesor de la Curia Provincial Escolapia de Aragón y Sudamérica, actuó con gran acierto en los Capítulos Generales de la Orden Calasancia e intervino con tal acierto en los trabajos del Santo Senado Cesaraugustano que fué distinguido por el excelentísimo señor Arzobispo de Zaragoza con el delicado cargo de Censor de libros en el que trabajó con verdadero acierto y entusiasmo todo el tiempo que le permitió su salud, que ya empezaba a resentirse.

En su Facultad fué un alumno modelo por su aplicación y la asiduidad con que acudió a recibir las enseñanzas que en ella se daban, logrando con ello que su expediente personal fuera uno de los mejores que existen en los archivos de la Universidad zaragozana.

En 1916, ya Doctor en Ciencias, colaboró con gran entusiasmo en la fundación de esta Academia de Ciencias de Zaragoza mereciendo ser nombrado, por sus destacadas actuaciones científicas, primero, secretario

y después vicepresidente de la Sección de Ciencias Exactas en la que figuraban matemáticos como los señores García de Galdeano, Ruiz Tapiador, Silvan, Lorenzo Pardo y otros varios que tanto han contribuido, en unión de los señores Savirón, Calamita, Rocasolano, Rius y Casas, Navas, etc., a crear el justo renombre científico que hoy posee la Academia de Ciencias de Zaragoza.

En el sector científico el P. Mozota colaboró con gran asiduidad en varias Revistas científicas, intervino activamente en la redacción de muchos textos utilizados, con éxito, en la Enseñanza Primaria y Media, formó parte de la Comisión encargada de la preparación y redacción de programas del Plan vigente de Enseñanza Media, redactando personalmente todos los de Matemáticas, e intervino en todas las actividades científico-culturales desarrolladas en Zaragoza en los últimos cincuenta años.

La desaparición del mundo de los vivos de este insigne escolapio, ha constituido pérdidas irreparables para la Orden Calasancia, para la Academia de Ciencias de Zaragoza y para las Conferencias de San Vicente de Paúl de las que era activo consejero lleno de caridad para los menesterosos.

Fué un hombre bueno, cumplidor modelo de todos los deberes religiosos, morales, científicos y sociales derivados de su situación y actividades y por eso su recuerdo perdurará nimbado por una aureola de respeto, cariño y admiración en todos los sitios donde actuó en su vida larga, fecunda y envidiable.

Dios Nuestro Señor, siempre justiciero, habrá premiado seguramente sus méritos acogiéndolo en su seno.