

Investigación sobre la celulosa de los árboles chilenos

EL estudio cuyos resultados se exponen a continuación, se efectuó con el fin de conocer la cantidad de celulosa que contienen las maderas chilenas y las características de las fibras de que se componen. Se ha estimado necesario este trabajo previo, más bien teórico, antes de entrar en estudios sobre la preparación técnica de la celulosa de maderas chilenas, para poder elegir con conocimiento de causa la materia prima que debe servir para las aplicaciones prácticas.

Tales investigaciones no se han hecho todavía en forma completa, según los datos que tengo a la vista, a pesar de que hay varias publicaciones sobre algunas maderas. Así se ha preparado ya celulosa de los pinos de la región de Lota, del coigüe y del olivillo; otro estudio se ha hecho sobre la preparación de pasta de papel de diferentes maderas, pero este trabajo no contiene datos cuantitativos, sino sólo se limita a señalar la mayor o menor aptitud de la madera de los árboles chilenos para la producción de papel.

Actualmente esta fabricación no es la única aplicación que puede tener la celulosa de madera. Ella es hoy día la materia prima para la fabricación de una serie de derivados, de los cuales son los

más importantes las nitrocelulosas y los diferentes productos que se conocen bajo el nombre de seda artificial. La nitrocelulosa, por su parte, no sólo es la base de la pólvora sin humo, sino también se emplea en gran escala en la preparación de barnices y el consumo de estos productos aumenta en forma considerable.

Por otra parte, las reservas de madera van disminuyendo en todo el mundo, y aunque se trata de aminorar el efecto de este proceso mediante la replantación, se puede prever con seguridad una escasez de la materia prima en un tiempo no muy lejano. Será entonces de sumo interés el exacto conocimiento de las cantidades de la celulosa que se puede obtener de las maderas chilenas.

Combinando varias aplicaciones, que podrán tener las diferentes clases de maderas, se salvará también el mayor inconveniente que ahora se presenta a la explotación de la riqueza forestal del país, la inhomogeneidad de los bosques. No será necesario aprovechar únicamente una parte pequeña de las diversas especies sino se podrá trabajar en forma homogénea todo el bosque.

El presente estudio permitirá también, conjuntamente con un estudio botánico, elegir la clase de árboles que darán mejor resultado económico en las nuevas

* En colaboración con los Srs. Siebenschein, Corcuera y Pizarro.

plantaciones que deberán hacerse, para evitar la disminución de la riqueza forestal.

Las muestras de maderas que hemos sometido al ensayo, se obtuvieron del Laboratorio de Resistencias de Materiales de la Universidad de Chile, que las había recogido de las diversas regiones del país por su propio personal, costeadas en parte por fondos que el Departamento de Industrias del Ministerio de Fomento ha tenido a bien facilitar para este fin. Este mismo Departamento ha costeado el presente trabajo pagando los ayudantes que han ejecutado los ensayos y los gastos de reactivos. Me es especialmente grato dejar constancia de esta valiosa ayuda y manifestar mis agradecimientos por ella.

Los métodos para aislar la celulosa de la madera se basan todos en la aplicación de reactivos que atacan a los demás compuestos de la madera, dejando en lo posible intacta a la celulosa. De estos métodos se eligió el procedimiento de Kürschner y Hoffer, descrito en la revista «*Wochenblatt für Papierfabrikation*» 60, 28 Sept. 1929. (C. B. 1930 I p. 146). Según este método, se usa una solución alcohólica de ácido nítrico, que se prepara mezclando cuatro partes de alcohol de 96% con una parte de ácido nítrico concentrado. La madera se coloca en un matraz, se agrega la solución y se calienta en un baño maría a la temperatura de ebullición. Para evitar la evaporación del líquido, se conecta el cuello del matraz con un enfriador que condensa los vapores y devuelve el líquido, de tal manera que se mantiene prácticamente constante su cantidad. Según los autores de este procedimiento se obtiene una celulosa blanca y pura después de dos a tres extracciones.

En nuestras experiencias hemos tenido que repetir cuatro y aun cinco veces

estas extracciones, para obtener un producto relativamente puro. Especialmente las muestras de pino y de roble eran muy resistentes. Se sometió al análisis un gramo de las diferentes maderas, reducidas a viruta, y se le trató con 25 cc. del ácido nítrico alcohólico de la concentración indicada. El líquido del primer tratamiento luego adquiere una fuerte coloración. Después de un tratamiento de unas tres a cuatro horas se deja enfriar, y se decanta el líquido a través de un crisol con el fondo de vidrio permeable, haciendo succión con la bomba al vacío. Especialmente los primeros líquidos filtran muy lentamente. Una vez filtrado se lava el residuo con alcohol para expulsar el líquido de tratamiento y se vuelve a separar el alcohol por decantación y filtración. El residuo que queda en el filtro se devuelve al matraz y la operación se repite, hasta que el último líquido de tratamiento sólo adquiere una coloración bien clara.

A pesar de que hemos aumentado el número de extracciones, la celulosa obtenida en la mayoría de los casos no era blanda ni de un color bien claro. Hemos pensado que especialmente la dureza del producto se debe a las incrustaciones (sílice), que el tratamiento ácido no puede eliminar. Por esto hemos vuelto a tratar algunas muestras con una solución de soda cáustica acuosa al 4%, empleando por gramo de madera 25 cc. de esta solución y haciendo actuarla a la temperatura de ebullición durante dos a tres horas. La soda cáustica ataca energicamente al material, lo que se deduce de la pérdida de peso apreciable que se puede constatar. Pero supongamos que una gran parte de esta pérdida se debe a la conversión, durante las extracciones con ácido, de la celulosa en productos descompuestos, como hidrocélulosa, más fácilmente atacable por los alcalis. Los pro-

ductos tratados con alcali tenían en parte una coloración menor que antes del tratamiento, pero no resultaron más blandos. Además parece que la acción de la luz vuelve a producir la coloración inicial.

En la tabla adjunta se han reunido los resultados de las experiencias, y las microfotografías muestran las diferentes fibras que se han obtenido. Para poder hacer estas fotografías y para analizar las fibras era necesario separarlas, lo que resultó difícil en muchos casos. Se logró facilitar esto, tratando las celulosas por un corto tiempo con una solución hirviente de soda cáustica al 10%.

En cuanto a la cantidad de celulosa producida, todos los resultados son buenos. Llama la atención, por una parte, el rendimiento muy elevado que da el lingue, con 46-49%, y el rendimiento bajo del olivillo (34-36%). A pesar del alto rendimiento de la madera del lingue, su celulosa es de un color bastante claro, las fibras tienen paredes regulares, no muy gruesas, con una longitud de 1 mm. en término medio. Aunque esto no es suficiente para poder usar esta celulosa como única materia para la preparación de papel, parece que será posible aprovecharla, mezclada con otros productos de fibra más larga. Tales fibras más largas suministran el pino, el olivillo, el mañiu y hasta cierto punto el ulmo. Especialmente el pino tiene fibras muy largas, de tal manera que no ha sido posible, aun con una ampliación de 1 a 25, alcanzar a ver fibras enteras en la microfotografía de la celulosa de la albura. El olivillo suministra fibras más cortas, de 2 mm. en término medio, bastante duras y no muy blancas. El mañiu, que también tiene fibras de más de 2 mm. de longitud, muestra el inconveniente de que estas fibras son muy quebradizas, así que ha sido muy difícil encontrar

fibras enteras. Habrá que averiguar si la celulosa obtenida por otros métodos tiene el mismo defecto. El ulmo da una fibra de más o menos 1,5 mm. de longitud con paredes bastante gruesas, pero blandas y de un color muy claro. Podrá estimarse como del mismo valor que la del álamo. El coigüe, que ya se ha empleado para la fabricación de papel, usando hasta un 20% de su celulosa para papeles ordinarios, tiene una fibra con paredes muy delgadas pero muy cortas. Las dos muestras empleadas no acusan una diferencia apreciable. Las fibras del teñío, especialmente las de la albura son cortas y también muy quebradizas, y el mismo defecto tienen las del laurel, cuyas paredes son además bastante gruesas. Queda el roble y el eucalipto. El primero de estos árboles da una fibra semejante a la del coigüe, pero de una coloración más fuerte, el segundo forma fibras muy delgadas, blancas y blandas, pero extremadamente cortas.

Al mismo tratamiento de las maderas se sometió también un producto procedente de la isla Chiloé, denominado «Palo Podrido». Se trata de una sustancia blanca, esponjosa, que nos llegó llena de humedad en trozos de unos cinco por cinco centímetros de sección y dos a cuatro centímetros de grosor. No tiene sabor y un olor débil que recuerda el de las callampas. Dentro de la masa blanca hay todavía pequeños pedacitos de corteza aparentemente inatacada. Al partir los trozos se puede observar la estructura fibrosa del material, que todavía se hace más visible cuando se lo deseca al aire libre. El color entonces es de un blanco sucio.

El producto es aparentemente poco conocido, y he tratado por esto de reunir los datos de literatura que he podido encontrar. En una publicación en la re-

vista «Hedwiga» del año 1893, N.º 3, págs. 115-118, sobre los hongos chilenos en cuanto sirven como alimento, Julio Philippi da los siguientes datos (traducido del alemán):

«Una substancia curiosa se encuentra a veces en los bosques de Valdivia, «el Huempe», que sirve a los indios como alimento, y que debe su origen probablemente a un hongo. Huempe es madera transformada en forma curiosa del Coigüe (*Fagus Dombeyi*), de un aspecto blanco puro, de estructura leñosa completamente visible, muy rica en humedad y tan blanda que se pueden sacar pedazos con la mano, fácilmente desmenuzables. Al machacarlo da una sensación de frío agradable, parece tener granos muy finos de arena y no tiene ningún sabor especial; se come tanto en forma cruda como preferentemente después de molerlo en leche u otros alimentos. El olor de esta substancia, no muy fuerte, recuerda el de los hongos, pero no es de ninguna manera olor de putrefacción. El ganado se come íntegramente los árboles transformados en Huempe.

«No se tratará aquí de una singular transformación química del material leñoso, debido a la acción de hongos, o será producido por una especie de bacterios».

En dos publicaciones en el «Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten Abteilung II. Band 79, pág. 428 y Band 81», los señores Knoche, Cruz Coke y Pacotet describen también el palo podrido proveniente de la isla Chiloé. Han aislado un hongo del grupo del «*Mucor Chlamyosporus Racemosus*» y atribuyen a la acción de éste, en conjunto con la de algunos bacterios, que también han identificado, la transformación que la madera ha sufrido. Estiman que la celulosa

en parte se destruye, formando hidratos de carbono, y que las otras partes de la madera, como lignina, pectina y almidón sirven como alimento para los microorganismos, desapareciendo así.

El material que nosotros hemos recibido se sometió en primer lugar a la acción del ácido nítrico alcohólico para determinar su contenido de celulosa. Resultó este con referencia al material desecado igual al 84%, lo que indica que se trata prácticamente de pura celulosa. Del análisis de las fibras (véase la microfotografía N.º 22) se desprende con toda claridad que la materia prima, de la cual se ha formado el producto, era madera de Coigüe, que es el único que tiene fibras similares (compárese con las fotografías N.º 15 y 16).

Como se ha dicho ya, el producto viene lleno de humedad. Su cantidad se determinó en 79,2%, y los siguientes datos se han referido a la materia desecada, que así sólo forma el 20,8%. El contenido de ceniza es sólo de 0,26% y el material contiene por consiguiente fuera de la celulosa, 15% de otras materias orgánicas.

De estas materias orgánicas se determinó primero el Pentosano. Se sometió para esto al ensayo el material del interior de los trozos, puesto que las partes exteriores demuestran una fuerte transformación aparentemente secundaria, debido a la acción de bacterios junto con la del oxígeno del aire. Para la determinación de los Pentosanos se usó el método de la Phloroglucina, resultando un valor de 3,3% del material desecado.

Además se determinó la materia reductora (Biosas y Hexosas). Para esto se hizo una extracción con agua de 5 gramos del material desecado a la temperatura de ebullición. La solución obtenida se trató con solución Fehling, obteniéndose una cantidad de óxido rojo

de cobre correspondiente a un 2,0% de materia reductora (hexosas). Repitiendo la misma operación con una solución, que antes del tratamiento con la solución Fehling se había hervido con ácido clorhídrico para invertir las biosas que podría tener, se obtuvo el mismo resultado, lo que indica la ausencia de tales substancias.

Este resultado es en cierta contradicción con el obtenido por los Srs. Knoche, Cruz Coke y Pacotet, que dicen haber identificado xilosa por su inactividad óptica, y hexosas por su actividad. Basado en este resultado, suponen una descomposición de la celulosa, mientras que nuestro resultado induce a creer que la celulosa misma es poco atacada y que las pequeñas cantidades de hexosas tal vez se deben a una descomposición de otras materias presentes en la leña.

El problema tiene interés científico por su posible relación con otro que se refiere a las teorías de la formación de carbón. Existen dos hipótesis, según las cuales, o bien la celulosa, o bien la materia leñosa (lignina) es la materia prima para la producción de los carbones. Ha sido especialmente el químico Franz Fischer que ha sostenido la teoría de la transformación de la lignina, suponiendo que la celulosa de las leñas se destruye rápidamente formando agua y anhídrico carbónico, debido especialmente a la acción de bacterios. Por otra

parte, Bergius y otros creen que es justamente la celulosa que debe considerarse como la materia prima para la formación de los carbones. Es cierto que en muchas partes y bajo ciertas condiciones la lignina resiste mejor que la celulosa a la acción de los agentes destructores. Por esto me parece especialmente interesante, que en el «Palo Podrido» se documenta un producto de transformación de la madera, que consiste casi exclusivamente de celulosa.

Aumenta la importancia de esta observación, si se considera que la región, en la cual se efectúa esta transformación, tiene un clima muy húmedo, relativamente temperado, que en muchos sentidos se parece al clima que debe haber regido en las épocas en las cuales se han formado los grandes depósitos de carbón. Y la misma región posee tales depósitos de la edad terciaria, y estos carbones, a pesar de su formación reciente, tienen en parte caracteres muy semejantes a las hullas de la edad del carbón.

Sería naturalmente prematuro generalizar esta observación y negar toda posibilidad, de que también la lignina puede transformarse en carbones. Pero me parece muy útil llamar la atención sobre el «Palo Podrido», señalándolo como producto intermediario en la transformación de las leñas en carbones, que, debido a condiciones especiales, nos es posible observar en la naturaleza.

Nombre vulgar y número de la muestra	Nombre científico	Edad años	Proveniencias	Celulosa %	Coloración	Dureza	Fotografía N.º	FIBRAS			
								Largo máximo	Largo medio	Archo máximo	Largo máximo
Tefio 22	Weinmannia trichosperma	270	Pailaco	41,95	2	3	1	1,6mm	0,8mm	0,02 mm	0,02 mm
Pino 87	Pinus insignis	37	Bio-Bio	36,60	2	1	2	1,2	0,8	0,02	0,04
Roble pelín 62	Nothofagus obliqua	224	Panguipulli	33,25	5	4	3	2,8	1,8	0,04	0,04
Tique 32 (Olivillo)	Aetoxicum punctatum	7	Pailaco	41,26	4	3	4	4,4	4,1	0,05	0,05
Laurel 1 (macho)	Laurelia aromática	213	Pailaco	35,43	6	1	5	1,0	0,8	0,016	0,016
Lingue 14	Persea lingue	182	Valdivia	42,22	5	3	6	1,2	1,0	0,02	0,02
Ujmo 57	Eucryphia cordifolia	176	Pailaco	33,90	4	4	7	2,0	1,6	0,03	0,03
Coigüe 1	Nothofagus Dombeysi	178	Curcautín	35,83	6	4	8	2,2	2,0	0,05	0,05
Coigüe 18	Eucalyptus globulus	203	Pailaco	40,00	4	2	9	0,8	0,4	0,03	0,03
Eucalipto 97	Podocarpus chilena	16	Nes	41,38	3	3	10	1,5	1,2	0,04	0,04
Mañiu 37 (macho)	Populus pyramidalis	?	Valdivia	40,81	1	2	11	1,2	1,0	0,04	0,04
Alamo 89 (hembra)		28	Talca	48,57	1	2	12	1,1	0,9	0,03	0,03
				45,74	3	4	13	1,6	1,3	0,03	0,03
				43,06	1	3	14	1,5	1,3	0,04	0,04
				39,58	1	3	15	0,9	0,7	0,01	0,01
				43,04	3	3	16	0,9	0,8	0,02	0,02
				41,21	0	3	17	1,0	0,8	0,02	0,02
				42,50	0	2	18	1,2	0,9	0,03	0,03
				45,30	3	1	19	0,8	0,6	0,01	0,01
				41,89	2	2	20	3,2	2,5	0,01	0,01
					2	2	21	1,4	1,0	0,03	0,03

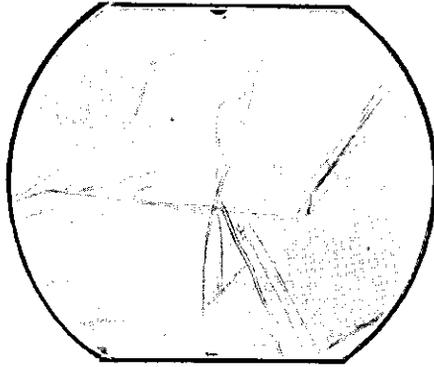
Las fibras de teño (albura), laurel (duramen) y mañiu son muy quebradizas.

Orden de coloración:

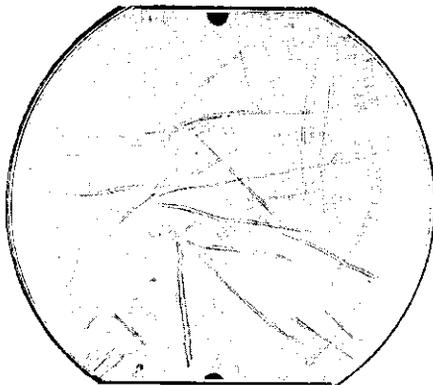
- 0 blanco
- 1 casi blanco
- 2 blanquezo
- 3 amarillento
- 4 poco amarillo
- 5 amarillo
- 6 muy amarillo

Orden de dureza:

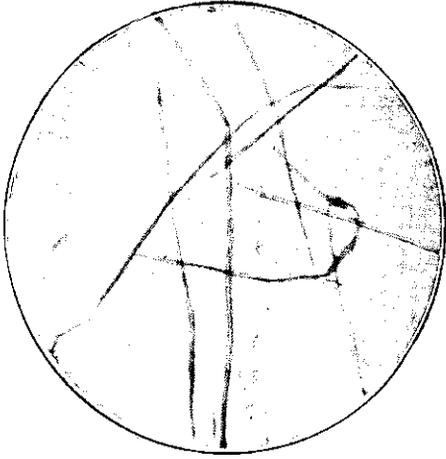
- 1 muy blando
- 2 blando
- 3 regular
- 4 duro



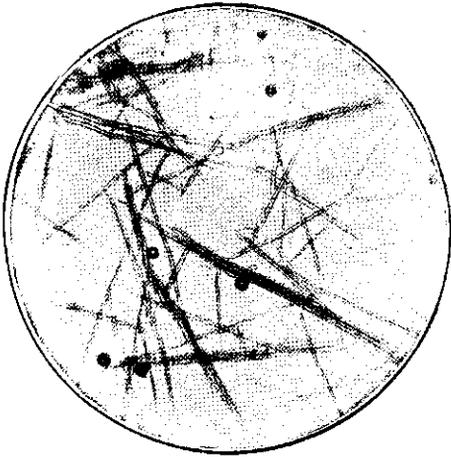
1. TENIO Duramen. N.º 22. 1 : 50.



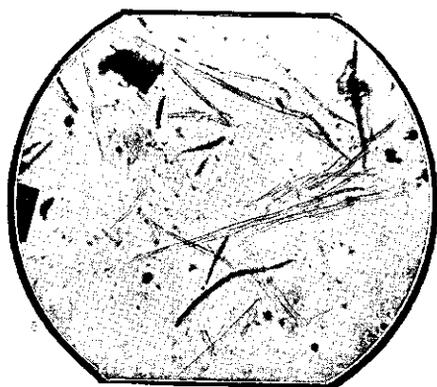
2.—TENIO. Albura. N.º 22. 1 : 50.



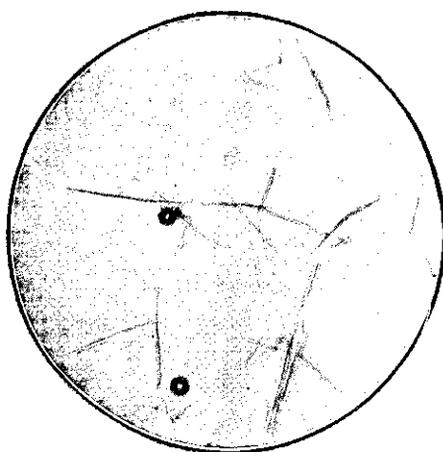
4.—PINO. Alburu. 1:25. N.º 87



3.—PINO. Duramen. 1:25. N.º 87.



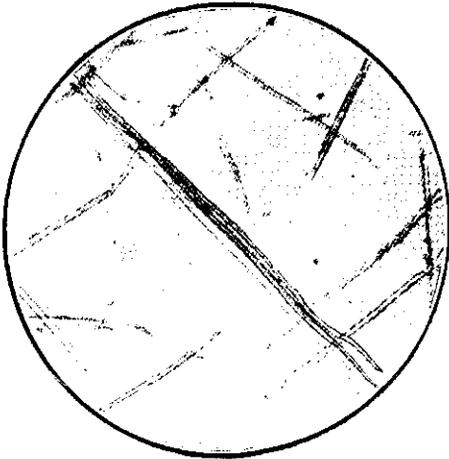
6. ROBLE. Albura. N.º 6 B. 1:50



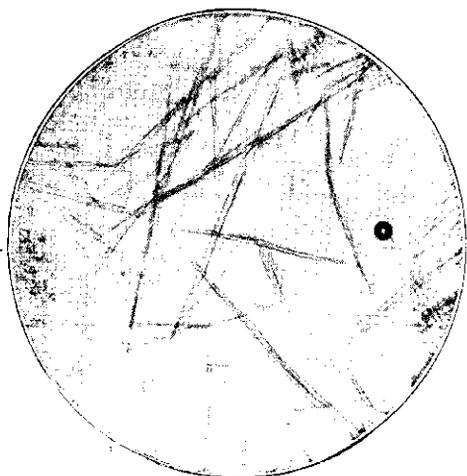
5. ROBLE. Duramen. N.º 6 B. 1:50.



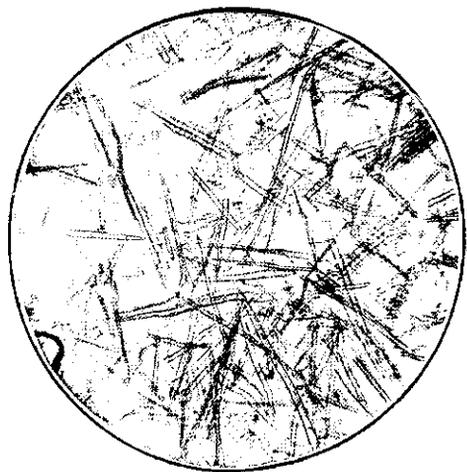
7.—OLIVILLO. Duramen. 1: 25. N.º 32.



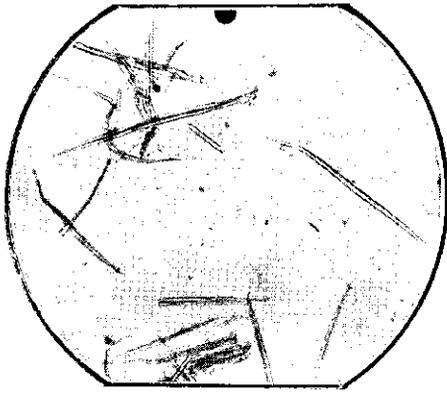
8.—OLIVILLO. Albura. 1: 50. N.º 32.



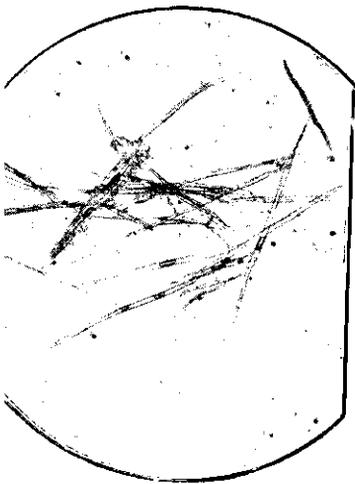
10.—LAUREL, Albura. 1: 50



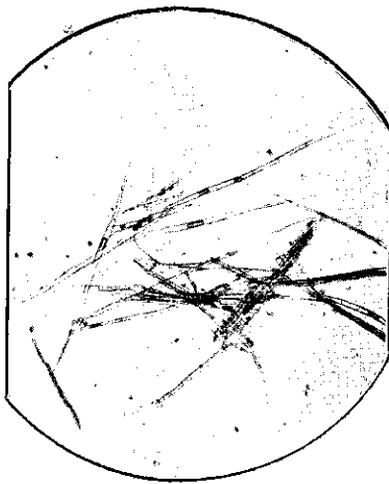
9.—LAUREL, Duramen. 1: 50



12.—LINGUE. Albara. N.º 14. 1:50



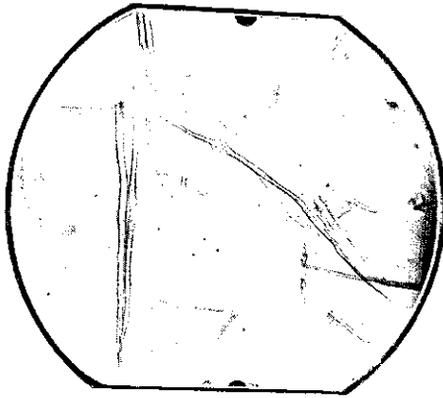
a



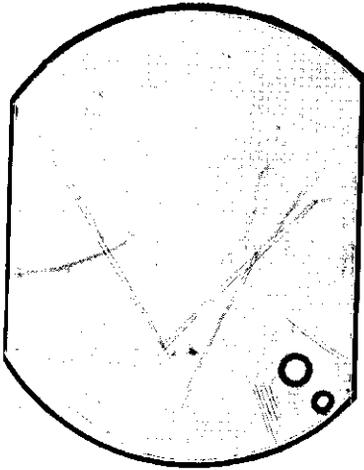
b

11.—LINGUE. Duramen. N.º 14. 1:50

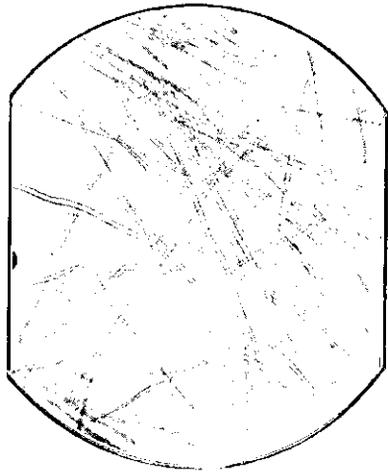




14.- ULMO, Albita, 1:50

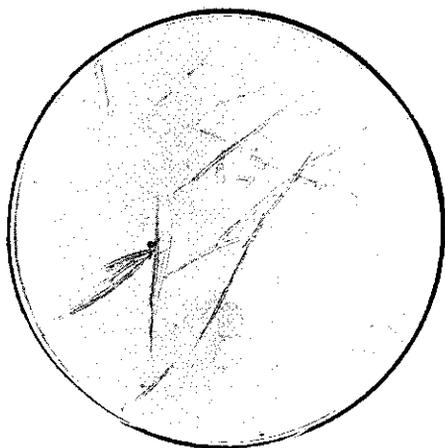


a

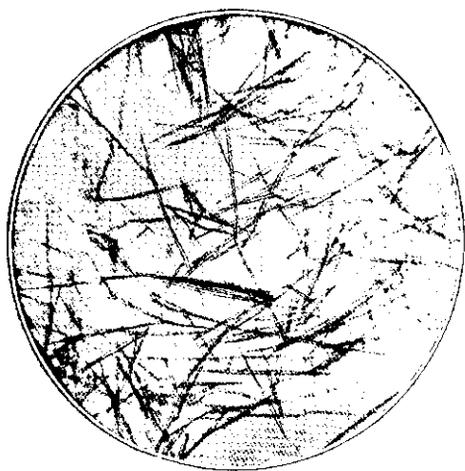


b

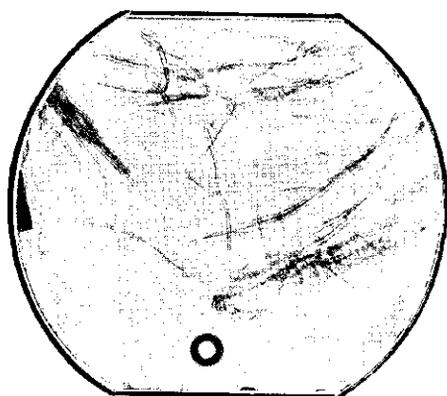
13.- ULMO Duramen, 1:50



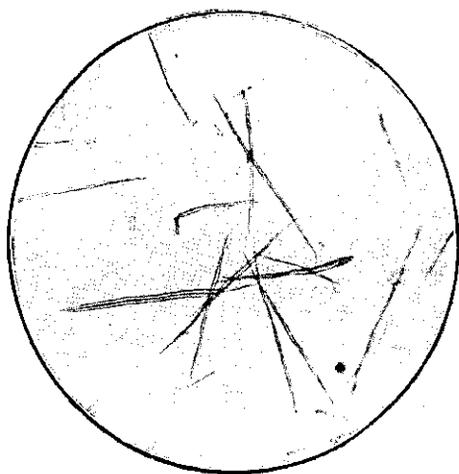
16.- COIGUE. Alburá, N.º 2, 1:50



15.- COIGUE. Duramen N.º 2 1:50



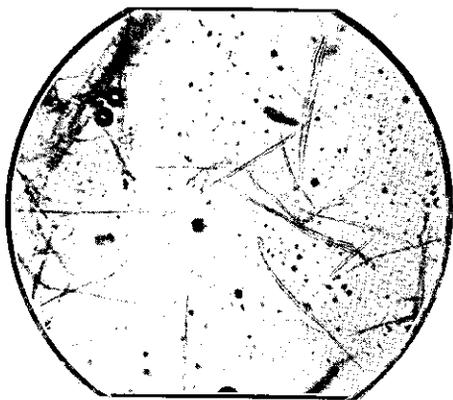
17.—COIGÜE. Duramen. 1:50. N.º 18



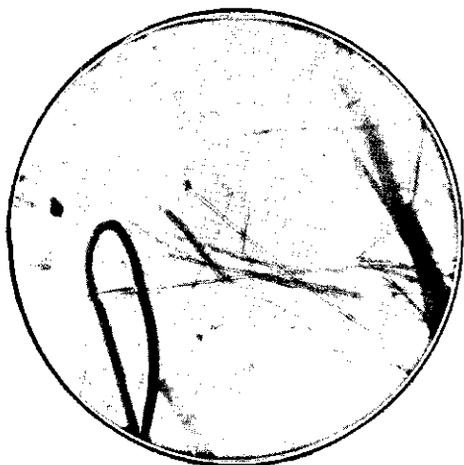
18. COIGÜE. Albura. 1:50. N.º 18



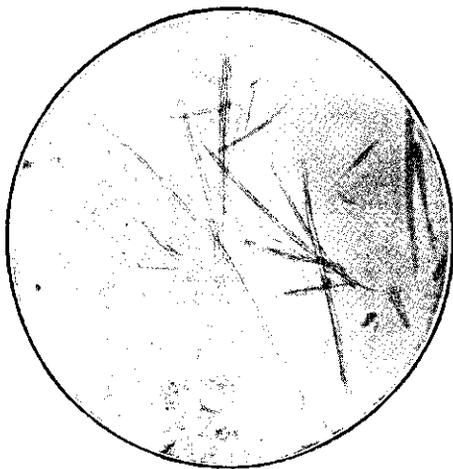
19. - EUCALIPTO. 1:50



22. - PALO FODRIDO. 1:50



20--MANIO. 1; 25. N.º 37



21 ALAMO. N.º 89. 1; 50