

# Obtención de curvas indicatrices de refracción por el método de Fourier.

por C. MARCOS

Dpto. Cristalografía y Mineralogía, Universidad de Oviedo.

## RESUMEN

En el presente trabajo se utiliza el método de interpolación trigonométrica de Fourier para obtener las curvas indicatrices de refracción de sendas secciones paralelas al eje óptico de tres ejemplares de turmalinas. Los valores del índice de refracción, para las longitudes de onda comprendidas entre los 460 y los 700 nm., se han obtenido a partir de medidas de reflectancias, por derivación de las fórmulas de Fresnel.

*Palabras clave:* Turmalina. Índices refracción. Óptica cristalina. Reflectancias.

## ABSTRACT

In this work it was used the Fourier's trigonometric interpolation method for obtaining indicatrix curves of refraction on both section parallel to the optical axis of three tourmaline samples. The refractive index, for the wavelengths from 460 to 700 nm., have been obtained by measurements of reflectance for derivation the Fresnel's equation.

## INTRODUCCION

Una forma rápida y por ello no menos precisa de obtener los índices de refracción en minerales transparentes, que no sea la proporcionada por los métodos tradicionales (Bloss, 1970; Wahlstrom, 1979), es a partir de medidas de reflectancias con el microscopio (Galopin et al., 1972; Hallimond, 1970; Bowie et al., 1977).

Se trata de describir, en este trabajo, la anisotropía del índice de refracción de una forma análoga a la descrita para la reflectancia me-

dante el método de interpolación trigonométrica de Fourier, si se acepta como válida la expresión:

$$n(\alpha) = \sqrt{(n_{\omega}^2 n_{\epsilon}^2) / (n_{\epsilon}^2 \sin^2 \alpha + n_{\omega}^2 \cos^2 \alpha)}$$

propuesta por Hevia (1970) al aplicar su teoría de una distribución de orientaciones de las indicatrices equiprobables en todas las direcciones del espacio.

## TRABAJO EXPERIMENTAL

### A) *Identificación de los ejemplares estudiados*

Se han estudiado tres ejemplares de la serie de las turmalinas que, en principio, por su color las denominamos:

- a la negra — Chorlo
- a la parda — Dravita
- a la verde — Elbaita.

Los tres minerales cristalizan en el sistema romboédrico, grupo espacial R3m. Se presentan en cristales de hábito prismático, estriados según la dirección cristalográfica c. Son translúcidos, presetando pleocroísmo. Ópticamente son uniaxiales negativos.

Los ejemplares se han identificado mediante difracción de rayos X, método de polvo cristalino, con un difractómetro Phillips, utilizando tubo de cobre y filtro de níquel. Los diagramas obtenidos corresponden con los standards de las fichas A.S.T.M. 26-964, 14-76 y 22-469, para elbaita, dravita y chorlo, respectivamente.

### B) Obtención de las secciones pulidas

En la elaboración de las secciones pulidas orientadas en las que se efectuaron las mediciones de las reflectancias fue necesario una operación previa: el corte con sierra de los ejemplares según planos paralelos a las direcciones cristalográficas principales.

A continuación se procedió al montaje de cada una de las muestras en resina y después de su endurecimiento se pulieron (Marcos et al., 1984).

Antes de efectuar cualquier medida se comprobó la ortogonalidad de la superficie pulida con respecto al haz de luz incidente mediante el test conoscópico de nivelación (Piller, 1981).

### C) Aparato y técnica utilizada

Para la reflectancia se ha efectuado, en cada sección, ocho medidas, tomadas en tres zonas diferentes, obteniendo las distintas posiciones de medida por giros de la platina de 45°.

Para ello se utilizó un equipo fotométrico Vickers EEL, acoplado a un microscopio Vickers M74, cuya descripción ha sido realizada por diversos autores (Hallimond, 1970; Bowie et al., 1977). El método seguido es el denominado de rayo simple, descrito en Galopin et al. (1972). En este trabajo se han utilizado dos standards, el SiC, SIKA, cuya reflectancia media es del 20 por ciento y el NGL, vidrio negro, con una reflectancia media del 4 %, suministrados ambos por la casa Zeiss. Las medidas de reflectancias se han tomado en el rango de 460 a 700 nm. del espectro visible.

## RESULTADOS OBTENIDOS

Los valores de las reflectancias y la desviaciones standard obtenidos con el patrón NGL, para los puntos A, B y C de la sección paralela al eje óptico del chorlo se exponen en la tabla I.

En la tabla II se encuentran los valores obtenidos, correspondientes a los puntos A, B y C, medidos en la sección paralela al eje óptico de la dravita con NGL y SIKA.

Los valores medidos en los puntos A, B y C de la sección paralela al eje óptico de la elbaita, con NGL y SIKA, se encuentran en la tabla III.

Si se comparan los valores obtenidos en los distintos puntos de una misma sección se observa una ligera diferencia, probablemente

Tabla I.— Reflectancias en aire con el standard NG 1.

Table I.— Reflectivity values in air with NG 1 stand.

Chorlo			
$\lambda$ nm	A	B	C
460	9.08 (0.00)	9.76 (0.78)	10.88 (0.61)
480	4.27 (0.28)	9.95 (0.16)	7.09 (0.45)
500	4.40 (0.16)	8.38 (0.43)	6.24 (0.27)
520	5.11 (0.28)	9.09 (0.46)	6.89 (0.48)
540	6.41 (0.35)	8.96 (0.25)	6.20 (0.33)
560	6.12 (0.23)	8.11 (0.15)	6.19 (0.37)
580	5.92 (0.26)	6.30 (0.19)	5.92 (0.37)
600	5.74 (0.20)	6.63 (0.17)	5.93 (0.32)
620	5.93 (0.26)	6.91 (0.24)	6.11 (0.29)
640	6.37 (0.50)	7.11 (0.38)	6.03 (0.23)
660	5.94 (0.29)	6.54 (0.43)	6.34 (0.28)
680	5.69 (0.64)	6.04 (0.62)	8.59 (0.21)
700	8.66 (0.00)	7.04 (1.21)	8.76 (0.28)

Tabla II.— Reflectancias en aire con los standards NG 1 y SIKA.

Table II.— Reflectivity values in air with NG 1 and SIKA standards.

Dravita (SIKA)			
$\lambda$ nm	A	B	C
460	4.08 (0.20)	7.02 (0.50)	6.05 (0.26)
480	4.32 (0.04)	6.88 (0.04)	5.97 (0.35)
500	4.64 (0.18)	6.63 (0.22)	5.91 (0.25)
520	4.71 (0.21)	7.01 (0.25)	5.75 (0.18)
540	4.32 (0.09)	6.99 (0.31)	5.88 (0.18)
560	4.43 (0.08)	6.37 (0.04)	5.49 (0.16)
580	4.49 (0.18)	6.43 (0.22)	5.38 (0.13)
600	4.66 (0.22)	5.84 (0.18)	5.07 (0.15)
620	4.68 (0.19)	5.66 (0.18)	4.82 (0.15)
640	4.45 (0.06)	5.10 (0.15)	4.79 (0.19)
660	4.42 (0.19)	5.34 (0.05)	4.92 (0.27)
680	4.03 (0.21)	4.59 (0.15)	4.68 (0.08)
700	3.33 (0.00)	3.85 (0.19)	3.85 (0.16)

(NGL)			
$\lambda$ nm	A	B	C
460	5.04 (0.25)	12.77 (0.65)	12.54 (0.55)
480	5.26 (0.05)	11.30 (0.07)	9.81 (0.58)
500	5.74 (0.23)	11.53 (0.40)	10.28 (0.44)
520	5.43 (0.24)	9.62 (0.34)	7.88 (0.24)
540	4.86 (0.10)	9.65 (0.42)	8.12 (0.25)
560	4.98 (0.09)	8.10 (0.16)	6.94 (0.20)
580	4.83 (0.20)	8.58 (0.30)	7.19 (0.17)
600	5.11 (0.24)	8.98 (0.28)	7.82 (0.23)
620	5.39 (0.22)	8.88 (0.27)	7.55 (0.24)
640	5.22 (0.07)	8.52 (0.25)	8.01 (0.33)
660	5.82 (0.25)	8.66 (0.09)	7.99 (0.44)
680	5.52 (0.29)	8.35 (0.43)	8.59 (0.15)
700	5.19 (0.00)	8.33 (0.36)	8.69 (0.69)

Tabla III.—Reflectancias en aire con los standards NG 1 y SIKA.

Table III.—Reflectivity values in air with NG 1 and SIKA standards.

Elbaita (SIKA)			
$\lambda$ nm	A	B	C
460	5.76 (0.09)	2.37 (0.25)	4.21 (0.38)
480	5.06 (0.21)	3.08 (0.08)	4.36 (0.08)
500	5.04 (0.15)	3.33 (0.20)	5.00 (0.18)
520	5.30 (0.16)	3.82 (0.19)	5.14 (0.39)
540	4.95 (0.25)	4.29 (0.19)	5.61 (0.24)
560	4.92 (0.07)	4.36 (0.12)	5.45 (0.16)
580	4.70 (0.09)	4.27 (0.22)	5.42 (0.35)
600	4.47 (0.16)	4.30 (0.09)	5.35 (0.08)
620	4.65 (0.09)	4.71 (0.23)	5.02 (0.14)
640	4.89 (0.17)	4.10 (0.07)	4.61 (0.21)
660	4.89 (0.29)	3.27 (0.18)	4.45 (0.11)
680	4.55 (0.02)	3.14 (0.21)	3.96 (0.17)
700	4.07 (0.37)	2.17 (0.15)	2.69 (0.20)

(NG1)

460	10.15 (0.16)	4.00 (0.43)	6.76 (0.60)
480	7.49 (0.32)	4.39 (0.11)	6.88 (0.14)
500	6.86 (0.20)	4.36 (0.26)	6.34 (0.24)
520	6.27 (0.20)	4.16 (0.21)	6.17 (0.47)
540	6.07 (0.31)	4.85 (0.22)	6.46 (0.27)
560	6.05 (0.08)	4.89 (0.14)	6.25 (0.18)
580	5.89 (0.12)	4.93 (0.25)	6.37 (0.42)
600	5.85 (0.21)	5.22 (0.12)	6.28 (0.09)
620	5.87 (0.11)	5.47 (0.27)	6.09 (0.17)
640	6.94 (0.24)	5.37 (0.09)	5.66 (0.28)
660	7.18 (0.41)	4.52 (0.26)	5.80 (0.16)
680	7.21 (0.04)	4.52 (0.31)	6.35 (0.27)

Tabla IV.—Índices de refracción.

Table IV.—Refractive indices.

Chorlo			
$\lambda$ nm	A	B	C
460	1.863 (0.00)	1.908 (0.05)	1.985 (0.04)
480	1.520 (0.02)	1.921 (0.01)	1.726 (0.03)
500	1.530 (0.01)	1.815 (0.01)	1.666 (0.02)
520	1.584 (0.02)	1.863 (0.03)	1.712 (0.03)
540	1.678 (0.02)	1.854 (0.02)	1.663 (0.02)
560	1.657 (0.01)	1.796 (0.01)	1.662 (0.02)
580	1.642 (0.01)	1.670 (0.01)	1.643 (0.02)
600	1.630 (0.01)	1.694 (0.01)	1.644 (0.02)
620	1.644 (0.01)	1.713 (0.02)	1.657 (0.02)
640	1.674 (0.03)	1.727 (0.02)	1.651 (0.02)
660	1.644 (0.02)	1.687 (0.03)	1.673 (0.02)
680	1.626 (0.40)	1.652 (0.04)	1.829 (0.01)
700	1.834 (0.00)	1.721 (0.08)	1.841 (0.02)

Tabla V.—Índices de refracción.

Table V.—Refractive indices.

Dravita			
$\lambda$ nm	A	B	C
460	1.569 (0.02)	2.112 (0.04)	2.076 (0.08)
480	1.595 (0.003)	2.012 (0.004)	1.912 (0.04)
500	1.631 (0.01)	2.029 (0.02)	1.941 (0.03)
520	1.607 (0.02)	1.900 (0.02)	1.781 (0.02)
540	1.565 (0.008)	1.901 (0.03)	1.797 (0.02)
560	1.575 (0.006)	1.796 (0.01)	1.715 (0.01)
580	1.564 (0.01)	1.829 (0.02)	1.732 (0.01)
600	1.584 (0.02)	1.856 (0.02)	1.776 (0.02)
620	1.604 (0.01)	1.849 (0.02)	1.758 (0.02)
640	1.593 (0.005)	1.825 (0.02)	1.789 (0.02)
660	1.636 (0.02)	1.834 (0.006)	1.788 (0.03)
680	1.614 (0.02)	1.812 (0.03)	1.829 (0.01)
700	1.590 (0.00)	1.812 (0.02)	1.836 (0.05)

Tabla VI.—Índices de refracción.

Table VI.—Refractive indices.

Elbaita			
$\lambda$ nm	A	B	C
460	1.935 (0.01)	1.499 (0.03)	1.703 (0.04)
480	1.754 (0.02)	1.531 (0.008)	1.711 (0.01)
500	1.710 (0.01)	1.528 (0.02)	1.673 (0.02)
520	1.668 (0.01)	1.513 (0.02)	1.661 (0.03)
540	1.654 (0.02)	1.565 (0.02)	1.681 (0.02)
560	1.649 (0.005)	1.568 (0.01)	1.667 (0.01)
580	1.641 (0.008)	1.571 (0.02)	1.675 (0.03)
600	1.639 (0.01)	1.592 (0.008)	1.669 (0.006)
620	1.640 (0.008)	1.611 (0.02)	1.655 (0.01)
640	1.715 (0.02)	1.603 (0.007)	1.625 (0.02)
660	1.732 (0.03)	1.541 (0.02)	1.634 (0.01)
680	1.735 (0.003)	1.539 (0.02)	1.674 (0.02)
700	2.072 (0.07)	1.531 (0.02)	1.550 (0.02)

consecuencia del zonado que comúnmente (Deer, 1962) presentan los minerales de la serie, puesto en evidencia en los ejemplares estudiados al ser observados con el microscopio polarizante de reflexión.

Por otra parte se observa que las reflectancias son más bajas cuando el standard utilizado es de más alta reflectancia, produciéndose según Leow (1966) un error decremental, por lo que se ha considerado como aceptable el

conjunto de medidas realizadas con NGI como standard, ya que al poseer ambos reflectancias similares el error se minimiza.

Tabla VII.— Resultados obtenidos mediante el método de interpolación trigonométrica de Fourier.

Table VII.— Data obtained with the Fourier trigonometric interpolation method.

Chorlo A						
$\lambda$ nm	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$n_M$	$n_m$
460	1.52	.03	.01	.00	1.53	1.51
480	1.53	.02	.01	.01	1.54	1.52
500	1.58	.02	.01	.01	1.59	1.58
520	1.68	.03	.01	.00	1.68	1.67
540	1.66	.02	.02	.00	1.67	1.65
560	1.64	.02	.02	.01	1.66	1.63
580	1.63	.01	.01	.02	1.64	1.62
600	1.64	.01	.02	.02	1.67	1.62
620	1.67	.04	.02	.00	1.69	1.66
640	1.64	.02	.02	.01	1.66	1.63
660	1.63	.04	.05	.02	1.68	1.58
680	1.83	.00	.00	.00	1.83	1.83
Chorlo B						
460	1.91	.04	.05	.03	1.96	1.85
480	1.92	.00	.02	.00	1.94	1.91
500	1.81	.03	.02	.01	1.84	1.79
520	1.86	.03	.03	.02	1.90	1.83
540	1.85	.02	.02	.01	1.86	1.85
560	1.80	.02	.01	.01	1.81	1.79
580	1.67	.02	.02	.02	1.68	1.66
600	1.69	.00	.02	.00	1.71	1.68
620	1.71	.02	.01	.01	1.73	1.70
640	1.73	.03	.02	.01	1.75	1.71
660	1.69	.00	.04	.01	1.73	1.64
680	1.65	.06	.03	.01	1.68	1.62
700	1.72	.10	.03	.05	1.76	1.69
Chorlo C						
460	1.98	.04	.04	.01	2.03	1.94
480	1.73	.04	.01	.01	1.74	1.71
500	1.67	.02	.02	.00	1.68	1.65
520	1.71	.03	.03	.02	1.75	1.68
540	1.66	.01	.03	.00	1.69	1.63
560	1.66	.03	.02	.02	1.68	1.64
580	1.64	.04	.01	.02	1.66	1.63
600	1.64	.03	.01	.01	1.65	1.64
620	1.66	.02	.02	.00	1.68	1.63
640	1.65	.01	.02	.01	1.67	1.63
660	1.67	.01	.02	.02	1.70	1.65
680	1.83	.01	.01	.01	1.84	1.82
700	1.84	.01	.01	.01	1.86	1.83

## PROCESAMIENTO DE DATOS

A partir de los valores experimentales de las reflectancias se han calculado los índices de refracción mediante la aplicación de las fórmulas de Fresnel.

Los cálculos se han efectuado con ordenador, utilizando para ello un programa escrito en Fortran 77. Los valores obtenidos se exponen en las Tablas IV, V y VI para chorlo, dravita y elbaita, respectivamente.

Asimismo, a partir de los ocho valores del índice de refracción, para cada longitud de onda usada, con otro programa (Marcos et al., 1984) se calcularon los coeficientes y ángulos de fase del desarrollo de Fourier:

$$n(\alpha) = C_0 + C_1 \sin(\alpha + \Psi_1) + C_2 \sin(2\alpha + \Psi_2) + C_3 \sin(3\alpha + \Psi_3)$$

Los coeficientes  $C_0$  y  $C_2$  proporcionan los valores máximo ( $n_{\max} = C_0 + C_2$ ) y mínimo ( $n_{\min} = C_0 - C_2$ ) del índice de refracción en la sección y que en este caso se puede considerar como los índices extraordinario y ordinario del mineral. El coeficiente  $C_1$  es un estimador de la ortogonalidad entre la superficie pulida y el haz de luz incidente.

Los cálculos así obtenidos se exponen en las Tablas VII, VIII y IX para chorlo, dravita y elbaita, respectivamente.

En la figura 1 se encuentran representadas las curvas indicatrices de refracción experimentales (trazo continuo) y las teóricas (trazo en puntos), en coordenadas polares, indicando el comportamiento de la anisotropía del índice de refracción. Se han calculado para la longitud de onda de 580 nm. por el método de interpolación trigonométrica de Fourier.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos para la refracción cabe una descripción de su anisotropía de un modo análogo al de la reflectancia. El coeficiente  $C_3$  es despreciable, tal y como era de esperar, para describir la anisotropía de la refracción.

Al observar los otros coeficientes se puede decir que el coeficiente  $C_1$  es también muy pe-

Tabla VIII.—Resultados obtenidos mediante el método de interpolación trigonométrica de Fourier.

Table VIII.—Data obtained with the Fourier trigonometric interpolation method.

Dravita A						
$\lambda_{nm}$	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$n_M$	$n_m$
460	1.58	.02	.02	.01	1.60	1.56
480	1.60	.00	.00	.00	1.60	1.59
500	1.63	.02	.01	.01	1.64	1.62
520	1.61	.02	.01	.00	1.62	1.59
540	1.57	.00	.01	.00	1.58	1.56
560	1.57	.01	.00	.00	1.58	1.57
580	1.56	.01	.02	.00	1.58	1.54
600	1.58	.02	.01	.01	1.60	1.57
620	1.60	.02	.01	.00	1.62	1.59
640	1.59	.03	.00	.00	1.60	1.59
660	1.64	.02	.01	.01	1.65	1.62
680	1.61	.01	.02	.01	1.64	1.59
700	1.59	.00	.00	.00	1.59	1.59

Dravita B						
$\lambda_{nm}$	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$n_M$	$n_m$
460	2.11	.02	.05	.02	2.16	2.06
480	2.01	.00	.00	.00	2.02	2.01
500	2.03	.02	.02	.01	2.05	2.01
520	1.90	.03	.02	.00	1.92	1.88
540	1.90	.02	.04	.01	1.94	1.87
560	1.80	.01	.01	.00	1.81	1.79
580	1.83	.02	.02	.02	1.84	1.81
600	1.86	.02	.02	.00	1.88	1.84
620	1.85	.01	.02	.01	1.87	1.83
640	1.82	.02	.01	.01	1.84	1.81
660	1.83	.01	.00	.01	1.83	1.83
680	1.81	.02	.03	.01	1.84	1.78
700	1.81	.02	.02	.01	1.84	1.79

Dravita C						
$\lambda_{nm}$	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$n_M$	$n_m$
460	1.61	.02	.02	.00	1.63	1.59
480	1.91	.03	.04	.03	1.95	1.88
500	1.94	.03	.02	.02	1.96	1.92
520	1.78	.02	.02	.02	1.80	1.77
540	1.80	.02	.01	.01	1.81	1.79
560	1.72	.01	.01	.02	1.73	1.70
580	1.73	.01	.01	.01	1.74	1.72
600	1.78	.00	.02	.00	1.80	1.76
620	1.76	.02	.01	.02	1.77	1.74
640	1.79	.02	.02	.02	1.81	1.77
660	1.79	0.3	.03	.02	1.82	1.76
680	1.83	.01	.01	.01	1.84	1.82
700	1.84	.01	.04	.04	1.88	1.80

queño, lo que indica que el error que se produce en la toma de medidas de reflectancias, por falta de ortogonalidad, es prácticamente nulo. La birrefringencia es baja, como cabía de esperar en turmalinas, dado que el coeficiente  $C_2$  es muy bajo.

Tabla IX.—Resultados obtenidos mediante el método de interpolación trigonométrica de Fourier.

Table IX.—Data obtained with the Fourier trigonometric interpolation method.

Elbaita A						
$\lambda_{nm}$	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$n_M$	$n_m$
460	1.94	.02	.02	.02	1.94	1.93
480	1.75	.02	.01	.01	1.76	1.75
500	1.71	.01	.01	.01	1.72	1.71
520	1.67	.01	.01	.00	1.68	1.65
540	1.65	.03	.01	.01	1.66	1.65
560	1.65	.00	.00	.02	1.66	1.65
580	1.64	.01	.02	.00	1.65	1.63
600	1.64	.02	.02	.02	1.65	1.63
620	1.64	.01	.01	.00	1.65	1.63
640	1.72	.02	.01	.00	1.72	1.71
660	1.73	.04	.01	.02	1.75	1.72
680	1.73	.00	.00	.00	1.74	1.73
700	2.07	.06	.04	.06	2.11	2.04

Elbaita B						
$\lambda_{nm}$	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$n_M$	$n_m$
460	1.50	.04	.02	.03	1.52	1.48
480	1.53	.02	.02	.00	1.54	1.52
500	1.53	.02	.00	.01	1.53	1.52
520	1.51	.01	.02	.01	1.53	1.49
540	1.56	.01	.02	.00	1.59	1.54
560	1.57	.01	.00	.01	1.57	1.57
580	1.57	.01	.02	.02	1.59	1.55
600	1.59	.02	.01	.00	1.60	1.58
620	1.61	.02	.02	.01	1.63	1.60
640	1.60	.02	.00	.00	1.61	1.60
660	1.54	.02	.02	.01	1.55	1.53
680	1.54	.02	.02	.01	1.56	1.52
700	1.53	.01	.02	.02	1.55	1.51

Elbaita C						
$\lambda_{nm}$	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$n_M$	$n_m$
460	1.70	.05	.02	.01	1.73	1.68
480	1.71	.02	.01	.02	1.72	1.71
500	1.67	.02	.02	.01	1.68	1.66
520	1.66	.04	.03	.00	1.69	1.64
540	1.68	.03	.01	.00	1.69	1.68
560	1.67	.01	.01	.02	1.67	1.66
580	1.68	.04	.02	.01	1.70	1.66
600	1.67	.00	.00	.01	1.67	1.67
620	1.66	.01	.01	.00	1.67	1.64
640	1.63	.01	.02	.01	1.65	1.60
660	1.63	.01	.01	.01	1.64	1.63
680	1.67	.02	.02	.02	1.68	1.67
700	1.55	.03	.01	.01	1.56	1.54

Una vez comprobado que el método de interpolación trigonométrica de Fourier funciona para describir la anisotropía de la refracción en los minerales transparentes, cabe esperar que sea igualmente válido para la refracción y absorción de los minerales opacos.

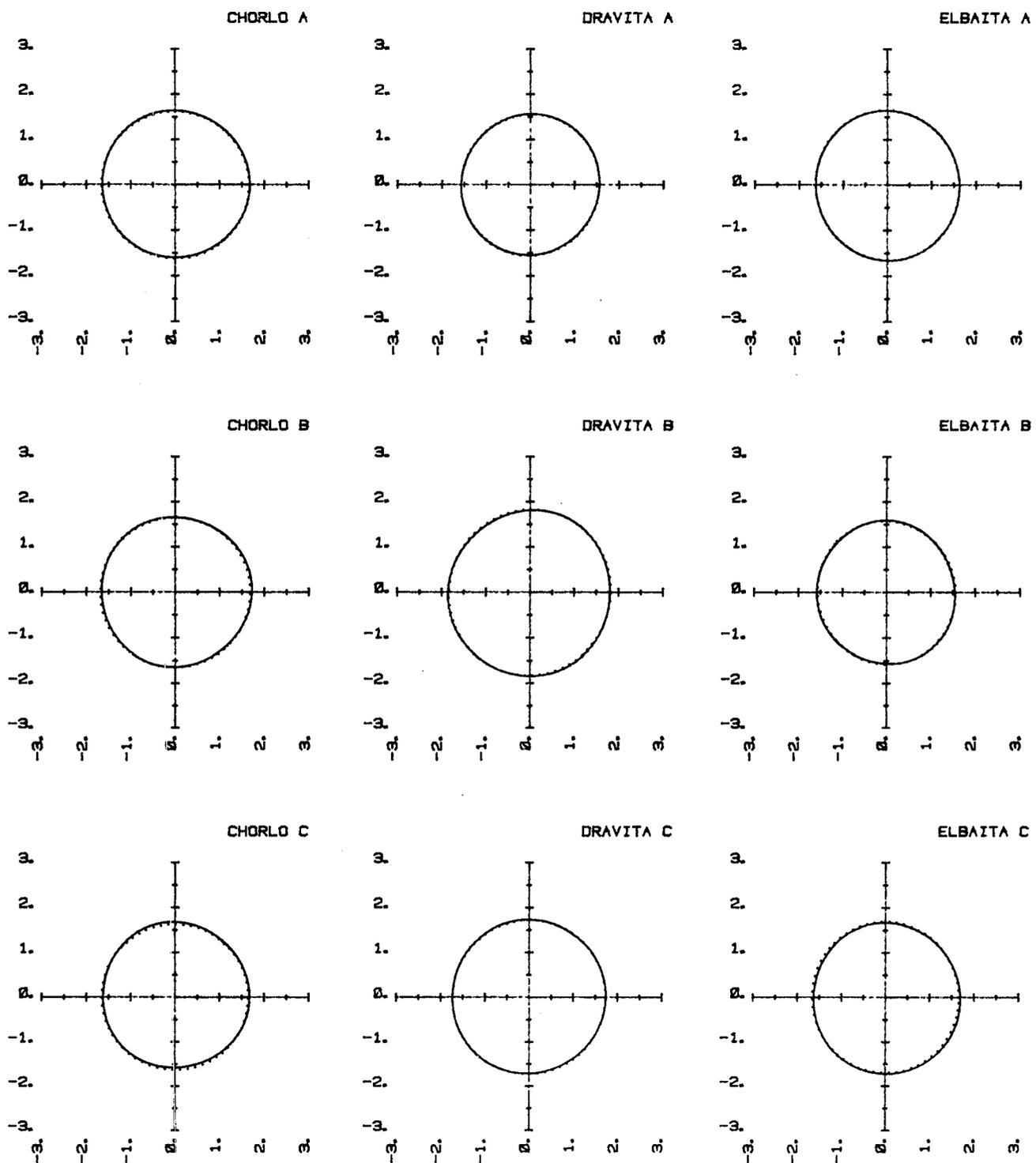


Figura 1.—Superficies ópticas de referencia de los índices de refracción.

Figure 1.—Optical surfaces of refractive indices.

## BIBLIOGRAFIA

- BOWIE, S.H.U. y SIMPSON, P.R. 1977: «Microscopy. Reflected light». In: J. Zussman (Ed.). *Physical Method In determinative Mineralogie*. Academic Press, 109-166.
- BLOSS, F.D. 1970: «Introducción a los métodos de Cristalografía Óptica». Ed. Omega.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A. y ZUSSMAN, J. 1962: «Rock Forming Minerals». Longmans, 1, 300-319.
- GALOPIN, R. y HENRY, N.F.M. 1972: «Microscopic study of opaque minerals». Heffers.
- HALLIMOND, A.F. 1970: «The polarizing microscope». 3.<sup>a</sup> ed. Vickers Instruments, 142-158.
- HEVIA, V. 1970: «Contribución al estudio de la reflectividad de hullas y antracitas». Tesis Doctoral. Oviedo.
- LEOW, J.H. 1966: «Reflectivity measurements on molybdenite». *Economic Geology*, 61: 598-612.
- MARCOS, C.; BLANCO, M. y VIRGOS, J.M. 1984: «Aplicación del método de interpolación trigonométrica de Fourier en el estudio de la anisotropía de la reflectividad y microdureza en minerales». *Acta Geológica Hispánica*, 19, 1.
- MARCOS, C. y MOREIRAS, D. 1984: «Obtención de secciones pulidas en muestras granuladas utilizadas en la toma de medidas de reflectancia». *Trabajos de Geología*, Univ. de Oviedo, 14: 217-220.
- PILLER, H. 1981: «The calibration of standards for the measurements of specular reflectance with a microscope photometer». *Journal of Microscopy*, 123 (3): 259-270.
- WAHLSTROM, E.E. 1979: «Optical Crystallography». 5.<sup>a</sup> ed. Wiley and Sons.

Recibido: Mayo 1984.