

menor tamaño e índice de grosor y distinto perfil, con sulcación que sólo afecta la región media de la comisura frontal, determinando una disposición intraplegada de la misma. Por último, como ya se indicó antes, el braquidio de *C. bergeroni* parece ser centroneliforme según la descripción original.

BINNEKAMP, J. G. (1965).—Lower Devonian Brachiopods and stratigraphy of North Palencia (Cantabrian Mountains, Spain). *Leidse Geol. Med.*, 33, 62 p., 11 láms., 29 fig. text.

CLOUD, P. E. (1942).—Terebratuloid Brachiopoda of the Silurian and Devonian. *Sp. Papers Geol. Soc. America*, 38, 182 p., 26 láms. 17 fig. text.

KOZLOWSKI, R. (1929).—Les Brachiopodes Gothlandiens de la Podolie Polonaise. *Palaeont. Polonica*, 1, 254 p., 12 láms., 95 fig. text.

OEHLERT, D. P. (1883).—Note sur Terebratula (Centronella) guerangeri. *Soc. Et. Scient. d'Angers*, Bull. (1882), t. 13, pp. 59-69, láms. I, II.

——— (1885).—Description de deux Centronelles du dévotion inférieur de l'Ouest de la France. *Soc. Et. Scient. d'Angers*, Bull. (1884), pp. 24-28, 1 lám.

STEHLI, F. G. (1961).—New genera of upper Paleozoic Terebratuloids. *Journ. Pal.*, (3) 35, pp. 457-466, Lám. 62, 8 fig. text.

——— (1965).—Paleozoic Terebratulida. En: *Treatise on Invertebrate Paleontology*, part. H (2), pp. 730-762, figs. 594-621.

## R. Pomés Ruiz & J. Solans Huguet (\*).—DETERMINACION DE LA DUREZA VICKERS Y DE LAS CONSTANTES DE LA LEY DE KICK EN FLUORITAS ASTURIANAS.

En diversos ejemplares de Fluorita ( $\text{CaF}_2$ ,  $Fm\bar{3}m$ ) se ha determinado la dureza Vickers, estudiando su variabilidad con la finalidad de determinar las posibles relaciones con el yacimiento o variedad. Las muestras corresponden a once yacimientos distintos indicándose en la Tabla 1 la procedencia de las distintas muestras.

Se ha elegido como superficie sobre la que se mide la dureza la cara (100) presente en todas las muestras. Aunque por exfoliación pudiera obtenerse el plano (111) aparece en él una superficie más irregular que la cara de crecimiento usada. Los cristales han sido incluidos en «Specifix» de Struers y posteriormente se ha desbastado la superficie con distintos papeles de carborundum llegando hasta el 600. En cada muestra y para cada carga se han efectuado varias huellas mediante un microdurómetro Vickers acoplado al microscopio de reflexión modelo M 12a de la casa Vickers Ltd. Los resultados obtenidos se indican en la Tabla 2, en la cual se leen los valores medios para cada muestra y cada carga.

Las principales dificultades que se han presentado para una buena medida de las dimensiones de la huella son:

1. Deformaciones en el borde de la huella producidas por deslizamientos según (001).
2. Grietas que prolongan las diagonales de la huella producidas por sobrepasarse localmente el límite de rotura.
3. Coincidencia de la huella con inclusiones, quedando la huella, por lo tanto, deformada.

(\*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Oviedo.

TABLA 1

Muestra N.º	Localidad	Yacimiento	Observaciones
1	Campo de Caso	Felguerina	
2	Berbes	Cabaña	incolora
3	Berbes	Cabaña	violeta
4	Caravia Baja	FASA (Karst)	
5	Caravia Baja	FASA (Filón)	violeta
6	Caravia Baja	FASA (Filón)	blanca
7	Caravia Alta		
8	Berbes	Cueto del Aspa	
9	Carrandi		
10	Aller		
11	Oseja de Sajambre		incolora
12	Oseja de Sajambre		violeta
13	Pola de Siero	La Collada	
14	Arlós		
15	Villabona		

Los valores de dureza Vickers obtenidos quedan muy agrupados y coinciden prácticamente en las distintas muestras, por lo que de existir una variación de la dureza en relación con el yacimiento queda dicha variación dentro de los márgenes de error de la técnica. Como excepción a lo anterior sólo se puede citar que las muestras 14, Arlós, y 15, Villabona, aparecen con dureza más alta que las restantes. Estos cristales están llenos de inclusiones, lo cual es causa de una mayor dureza, al producir dichas inclusiones el anclaje de las dislocaciones del cristal. Ahora bien debido al número de muestras medido no se puede asegurar que esta mayor dureza sea típica de las fluoritas de estos yacimientos o sólo corresponda a las muestras observadas.

En las medidas de dureza con cargas por debajo de 500 pondios se cumple la ley de Kick generalizada. La carga y las dimensiones de la huella están relacionadas por  $P = K \cdot d^n$ , siendo K y n dos constantes del mineral. Despejando en dicha expresión el valor de d y sustituyéndolo en la expresión de la dureza Vickers obtenemos la siguiente expresión que nos relaciona la dureza con la carga aplicada.

$$VHN = C \cdot K^{\frac{2}{n}} \cdot P^{(1 - \frac{2}{n})}$$

Se ha representado el logaritmo de P frente al logaritmo de d y a partir de la recta obtenida se han calculado las constantes K y n de la ley de Kick. Los valores obtenidos para las diversas muestras se indican en la Tabla 3.

Puede observarse que la ley de Kick se cumple en todas las muestras en todo el campo de variación de las cargas. Dados los valores de n puede considerarse que la dureza Vickers es prácticamente independiente de la carga empleada ya que el exponente en la expresión correspondiente es:

$$(1 - 2/n) = 0,015$$

TABLA 2  
DUREZA VICKERS DE LA FLUORITA EN Kp/mm<sup>2</sup>

Muestra N.º	Carga en pondios	200	100	50	20	10	5
1		176	178	178	172	180	172
2			169	167	159	157	147
3		182	175	178	176	176	166
4		176	188	176	182	167	155
5		178	174	180	172	163	160
6		186	170	174	182	167	172
7		186	179	168	174	163	166
8		182	185	176	174	167	166
9		184	162	170	172	159	160
10		180	172	170	169	176	172
11		180	175	168	168	167	157
12		182	176	177	176	167	166
13		175	171	172	176	155	157
14		213	200	208	208	211	200
15		198	200	201	215	204	195

Lo cual corresponde a una variación de la dureza entre los valores extremos  $VHN_{200} - VHN_5 = 9$  que es menor que la variación producida por el error de la técnica.

Dado, por lo tanto, que la dureza en la fluorita es prácticamente independiente de la carga empleada podemos considerar como dureza de la muestra el promedio de los valores correspondientes a las distintas cargas. Teniendo esto presente veamos cuáles son las cargas idóneas para determinar la dureza en la fluorita o minerales de dureza semejante. Sabemos que existen factores intrínsecos del cristal que inducen a error en la determinación de la longitud de las dimensiones de la huella, de los cuales ya se han

TABLA 3

Muestra N.º	K	n	Muestra N.º	K	n
1	10,00	2,00	9	15,14	2,12
2	10,97	2,00	10	10,47	2,00
3	10,00	2,00	11	14,13	2,08
4	14,13	2,12	12	12,02	2,05
5	12,02	2,04	13	9,11	1,95
6	10,97	2,02	14	7,94	1,98
7	10,47	2,00	15	7,94	1,98
8	12,30	2,06	Valor medio	11,19	2,03

TABLA 4

N.º	VHN medio	Variabilidad	Desviaciones						
			200	100	50	20	10	5	
1	176	180-172	0	+ 2	+ 2	— 4	+ 4	— 4	
2	160	169-147		+ 9	+ 7	— 1	— 3	— 13	
3	176	182-166	+ 6	— 1	+ 2	+ 0	0	— 10	
4	174	188-155	+ 2	+ 14	+ 2	+ 8	— 7	— 19	
5	171	180-160	+ 7	+ 3	+ 9	+ 1	— 8	— 11	
6	175	186-167	+ 11	— 5	— 1	+ 7	— 8	— 3	
7	173	186-163	+ 13	+ 6	— 5	— 1	— 10	— 7	
8	175	185-166	+ 7	+ 10	+ 1	— 1	— 8	— 9	
9	168	184-159	+ 16	— 6	+ 2	+ 4	— 9	— 8	
10	173	180-169	+ 7	— 1	— 3	— 4	+ 3	— 1	
11	169	180-157	+ 11	+ 6	— 1	— 1	— 2	— 12	
12	174	182-166	+ 8	+ 2	+ 3	+ 2	— 7	— 8	
13	168	175-155	+ 7	+ 3	+ 4	+ 8	— 13	— 11	
14	207	213-200	+ 6	— 7	+ 1	+ 1	+ 4	— 7	
15	202	215-195	— 4	— 2	— 1	+ 13	+ 2	— 7	
Desviaciones medias			+ 7,5	+ 2,5	+ 1,6	+ 2,1	— 4,1	— 8,6	

indicado anteriormente los que se han observado, y por otro lado existen errores producidos por causas extrínsecas de tipo operativo. Veamos pues para qué cargas son mínimos estos errores. Los resultados de la comparación de los valores para cada muestra vienen indicados en la Tabla 4.

En la tabla anterior vemos que existe una tendencia a dar valores altos la carga de 200 pondios mientras que las cargas de 10 y 5 pondios dan valores bajos. Esto se aprecia mejor con las medias de las desviaciones de los valores obtenidos para cada carga. Resultan muy agrupados los valores de dureza correspondientes a las cargas de 100, 50 y 20 pondios, con los valores + 2,5, + 1,6 y + 2,1 respectivamente. Quedan más dispersos los valores para la carga de 10 pondios, valor — 4,1, y aún más para 200 y 5 pondios, donde obtenemos + 7,5 y — 8,6 respectivamente.

Por lo tanto, podemos deducir que las cargas más adecuadas para medir la dureza en la Fluorita y otros minerales con el valor 4 en la escala de Mohs son 100, 50 y 20 pondios.

La desviación que se da al aplicar las cargas pequeñas de 10 y 5 pondios suponemos que viene producida por el error de apreciación visual en el micrómetro al medir una huella de pequeño tamaño agravada por la fatiga visual cuando se llevan medidas una cierta cantidad de huellas. En el caso de las desviaciones observadas en las durezas para 200 pondios las achacamos a la deformación producida en la huella por

deslizamientos y fracturas al suministrar dicha carga la energía necesaria para que se pongan en marcha los mecanismos que originen dichos procesos de deformación.

**Conclusiones.**—1. Las diferencias en los valores de dureza de Fluoritas procedentes de distintos yacimientos de la región asturiana son muy pequeñas. Por lo que en principio no puede esperarse el que pueda correlacionarse con el tipo de yacimiento.

2. Se han calculado los valores de las constantes de la Ley de Kick. Todas las rectas obtenidas son prácticamente iguales por lo que tampoco parece que pueda efectuarse correlación de estos valores con el tipo de yacimiento. Los valores de K en la Fluorita oscilan entre 7,94 y 15,14 con una media de 11,19. Los valores de n, mucho más agrupados oscilan entre 1,95 y 2,12 siendo su valor medio 2,03.

3. De los valores de las constantes de la ley de Kick se deduce que la dureza en la Fluorita es prácticamente independiente de la carga empleada.

4. La dureza Vickers de las Fluoritas medidas está comprendida entre 168 y 176 Kp/mm<sup>2</sup>. Son excepción a dichos valores las muestras de Arlós y Villabona con valores de 207 y 200 Kp/mm<sup>2</sup>, y una muestra de Berbes con el valor medio de 160 Kp/mm<sup>2</sup>.

5. Las principales anomalías observadas en las huellas son:

—Deformaciones por deslizamiento en el borde de la huella.

—Fracturas prolongando las diagonales de la huella.

—Efecto de las inclusiones modificando los valores de dureza.

6. Las cargas que minimizan los errores de medición son 100, 50 y 20 pondios.

BOWIE, S. H. U. & CAYE, R. (1969).—Mesures de dureté par la methode microscopique. 1<sup>ere</sup> Ecole d'été des Pays Latins sur mesures en Optique de Reflexion. Barcelona (1969).

SOLANS HUGUET, J., LÓPEZ SOLER, A., BOSCH FIGUEROA, J. M. & FONT ALTABA, M. (1969).—Cristalografía y microdureza de los cloruros de bario y plomo impurificados por cationes divalentes. Anales de Química, LXV, núm. 7-8, 659.

UYTENBOGAARDT, W. (1967).—On micro-indentation hardness testing. 2<sup>nd</sup> Sommer-school on Reflexion Optics. Bensheim.