

ESTUDIO DE FRONTERAS DE GRANO EN HIDROXIAPATITA BIOLÓGICA MEDIANTE DIFRACCIÓN DE ELECTRONES.

R. Arteaga y J. Victoria.

Departamento de Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Campus de Tafira, 35017 Las Palmas de Gran Canaria.

Gran parte de las investigaciones realizadas en las tres últimas décadas en el campo de los defectos cristalinos se han dirigido al estudio de los defectos llamados "propios", es decir, defectos que aparecen sin que el sólido haya sido sometido a ningún tratamiento previo. Entre los defectos propios estudiados cabe destacar las fronteras de grano. Es bien sabido que las fronteras de grano se han interpretado como conjuntos de dislocaciones, y también que las dislocaciones son determinantes en el control del crecimiento cristalino y en los mecanismos de deformación.

En el caso que nos ocupa, la hidroxiapatita biológica, es de esperar que las fronteras de grano sean fundamentales en los procesos de crecimiento y remodelación del hueso cortical. La hidroxiapatita biológica tiene una compleja estructura pseudohexagonal monoclinica [1] [2], lo que indica las dificultades que se han de presentar en la interpretación de los diagramas de difracción de electrones.

Para el presente estudio, hemos obtenido probetas de hueso cortical utilizando fémur de ternera de 2 años. Las probetas se han sometido a un prolongado proceso de secado. A partir de dichas probetas se preparan suspensiones en agua destilada de pequeñas porciones de hueso cortical, que tras ser sometidas a exfoliación mediante ultrasonidos nos permite disponer de pequeños cristales de hidroxiapatita susceptibles de ser examinados mediante microscopía electrónica a 100 keV. Mediante gotas de éstas suspensiones se procede a la preparación de las muestras. Muchos de los pequeños cristales quedan entonces en contacto mediante sedimentación al azar.

Se han realizado más de 100 determinaciones de ángulos de frontera utilizando la difracción de electrones en un microscopio electrónico Zeiss EM 910. Los resultados se disponen en forma de histograma, representando en abscisas los ángulos de rotación y en ordenadas las frecuencias relativas $F_i(\theta) = N_i / N$, siendo N_i el número de observaciones para un ángulo de rotación θ determinado y N el número total de ángulos medidos.

El análisis del histograma nos permite deducir los siguientes aspectos:

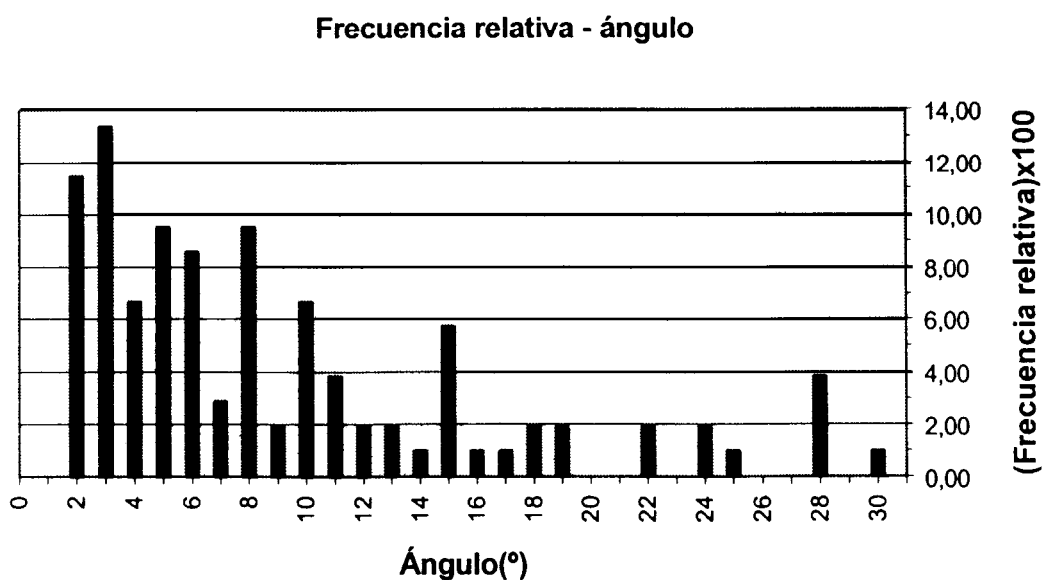
a) Aparece sistemáticamente una frontera de grano de ángulo pequeño entre 2° y 10° , que muestra una gran dispersión. Ésta distribución debería satisfacer el ajuste mediante el modelo teórico clásico para las fronteras de inclinación de W. T. READ y W. SHOCKLEY. La curva que predice dicho modelo,

$$\gamma/\gamma_m = (\theta/\theta_m)[1 - \log(\theta/\theta_m)],$$

en donde θ_m representa el ángulo para el cual la energía de la frontera (γ) alcanza el valor máximo (γ_m), debe presentar un máximo para $\theta = \theta_m$. Por el contrario, la fuerte dispersión en el intervalo indicado, con muchos ángulos que presentan una probabilidad semejante, conduce a un ajuste en principio poco satisfactorio.

b) También aparecen algunas fronteras de ángulo grande con poca dispersión, presentándose máximos en 15° y 28° . Éstas fronteras son posibles en teoría durante un proceso de sedimentación al azar, y muestran la existencia de orientaciones preferentes que pueden ser asociadas con fronteras de coincidencia, de acuerdo con la teoría de BOLLMANN [3]. Sin embargo, algunos ángulos previstos teóricamente, así como sus frecuencias, no coinciden con los observados experimentalmente. La discrepancia se puede atribuir, en parte, al importante problema de los puntos de pseudocoincidencia.

Se puede concluir que las configuraciones encontradas entre dos cristales de hidroxiapatita biológica constituyen un fenómeno de desorden cristalino que parece encontrarse fuera de la teoría clásica de las dislocaciones.



[1] R. A. Young, *Clin. Orthop. Rel. Res.*, **113** (1975) 249-262.

[2] J. C. Elliot, P. E. Mackie and R. A. Young, *Science*, **180** (1973) 1055-1057.

[3] W. Bollmann, *Cristal Defects and Crystalline Interfaces*, (1970) Springer, New York.