

# ¿TENGO VISIÓN ESPACIAL? SIMETRÍA EN MODELOS CRISTALOGRÁFICOS PARA ALUMNOS DE ALTAS CAPACIDADES

E. Mateo González, M.B. Martínez Peña

Departamento de Didáctica de Ciencias Experimentales. Facultad de Educación. Universidad de Zaragoza.  
emateog@unizar.es

M.J. Mayayo Burillo

Departamento de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.

**RESUMEN:** Se presenta una propuesta de actividad de ampliación dirigida a alumnos de altas capacidades sobre el desarrollo de habilidades de visión espacial mediante la utilización de modelos cristalográficos que simulan las formas geométricas de los minerales. El estudio se centra en el aprendizaje de estos alumnos adaptando la actividad a distintos niveles educativos al variar la carga de contenidos y al manejar modelos cristalográficos con simetrías de distintos grado de complejidad.

El taller realizado a alumnos entre 14 y 15 años ha permitido identificar distintas fases de aprendizaje, en las que los alumnos superan una serie de dificultades, y demostrar que la capacidad individual de visión espacial puede progresar como resultado de trabajar con modelos cristalográficos con el objetivo de identificar los elementos de simetría.

**PALABRAS CLAVE:** Cristal, mineral, simetría, visión espacial, altas capacidades.

## OBJETIVOS

La característica común de los alumnos de altas capacidades intelectuales es la eficacia en la utilización de algunas estrategias de aprendizaje, por ejemplo tienen habilidad para relacionar informaciones, para centrarse en los aspectos esenciales de la información que se trabaja en clase y para organizar de forma espontánea los contenidos (Aroca, Martínez y Martínez, 2001). Como alumnos con necesidad específica de apoyo educativo, requieren una respuesta educativa diferente y diferenciada que consiste en proporcionar provisiones educativas que respondan a su diversidad, en el uso y manejo de conocimientos, recursos, habilidades, ritmo de aprendizaje, intereses y motivaciones (López, 2012).

En el presente estudio presentamos una propuesta de actividad de enriquecimiento para alumnos de altas capacidades, que pretende facilitar herramientas para desarrollar su capacidad de visión espacial y averiguar si todos los estudiantes siguen las mismas pautas, cuales son los obstáculos que detectan y cómo los superan. Para ello se ha diseñado un taller de simetría de cristales donde los alumnos trabajan con modelos cristalográficos, que representan las formas geométricas que muestran en ocasiones los minerales, para identificar los elementos de simetría y las relaciones angulares entre ellos. De esta manera, se pretende que el alumno construya progresivamente los conceptos de simetría, forma

---

cristalográfica y cristal y los relacione con el resto de conceptos que configura el modelo de mineral, modificando las ideas alternativas que tenían. Paralelamente, se persigue el aprendizaje por parte del alumno de los procedimientos científicos y potenciar el desarrollo de actitudes tales como la curiosidad, el rigor, la búsqueda de nuevos caminos, etc.

Los destinatarios de la actividad realizada son alumnos con altas capacidades de entre 14 y 15 años de edad pero se podría aplicar a diferentes niveles educativos variando la complejidad de los modelos cristalográficos con los que se trabaje.

## MARCO TEÓRICO

Los minerales, en cualquier nivel de enseñanza, constituyen un tema fundamental debido a que son los materiales que forman la parte inerte de la Tierra y la materia prima con la que se fabrican la mayoría de los objetos cotidianos. Durante la formación obligatoria, los alumnos deberían observar, comparar y clasificar minerales y conocer las propiedades de algunos de ellos y los usos a los que se destinan. No obstante, al acabar los estudios únicamente conocen la parte más superficial del estudio de los minerales (De Posada, 1993) y no se ha analizado la simetría que poseen como resultado del orden interno de su estructura. Por otra parte, la gran disparidad de definiciones de mineral provoca, desde un punto de vista didáctico, imprecisiones en el concepto y dificultades de comprensión (Gallegos, 1996). De esta manera, se arrastran consecuencias importantes para la comprensión de conceptos fundamentales en Mineralogía, como cristal, mineral, forma y simetría de los minerales (Lillo, 1992).

La simetría es una de las propiedades de la materia cristalina que nos permite diferenciar unos minerales de otros e identificarlos mediante técnicas analíticas complejas, por lo que es un aspecto fundamental del concepto de mineral. Al estudiar simetría cristalina se trabaja la visión espacial, muy útil tanto para la vida cotidiana (Harle y Towns, 2011) como para el estudio de ciencias en general (Mattewson, 1999; Ozdemir, 2010), por lo que es un tema adecuado para realizar una actividad de ampliación para alumnos de altas capacidades de distintos niveles de educación. Además, la visión espacial puede mejorar al trabajarla con instrucciones adecuadas (Ozdemir, 2010).

En la secuencia didáctica elaborada se pretende proporcionar al alumno herramientas que le permitan crear sus propios procedimientos para resolver una situación problemática (relacionar la forma cristalográfica con la simetría), lo cual implica que sus ideas se modifiquen y siga aprendiendo (Piaget, 1978). Para que el alumnado tenga la necesidad de explicar deben formularse preguntas, pero no siempre las preguntas que se generan en el aula promueven la necesidad de buscar respuestas. Este hecho trae consigo la exigencia de que el profesor reflexione sobre las preguntas didácticas que sería interesante que se plantearán los alumnos (Márquez, Roca, Gómez, Sardá y Pujol, 2004).

## METODOLOGÍA

Se comienza con la preparación de un cuestionario inicial para descubrir los conocimientos previos y las ideas alternativas de los alumnos sobre cristales, minerales y simetría y el desarrollo de visión espacial que poseen. Los estudiantes completan el formulario una semana antes del comienzo del taller, de manera que la preparación del taller se realiza teniendo en cuenta las ideas previas, el nivel de conocimiento, de motivación y de visión espacial que tenían los alumnos. Al responder a las preguntas planteadas previamente al taller, se pretende que el alumno desarrolle una serie de actitudes científicas como la duda, la curiosidad y el deseo de encontrar respuestas.

El taller, de dos horas de duración, se graba en audio para proceder a su posterior análisis. Empieza con la discusión de las preguntas planteadas en el cuestionario previo así como de todas las que vayan

---

surgiendo, lo que da pie a la explicación de los conceptos básicos de simetría. A continuación, se reparte un modelo cristalográfico sencillo a cada uno de los alumnos para que trabajen individualmente deduciendo los elementos de simetría y las relaciones angulares entre ellos.

En este punto, el protagonismo en la clase debe pasar al alumno, quedando el profesor como guía y ayudando a resolver los interrogantes que se vayan planteando. Trabajar individualmente con los modelos cristalográficos permite construir explicaciones sobre las formas cristalinas lo que supone una elevada demanda cognitiva (Ozdemir, 2010) y una gran capacidad de visión espacial, relativas a los elementos de simetría implicados en cada caso concreto. La construcción de explicaciones exige además, capacidad de síntesis para relacionar elementos observables y clasificables con elementos imaginarios que requieren a su vez una gran competencia de abstracción. Unas posibles preguntas para empezar a trabajar pueden ser: ¿mediante qué elemento de simetría se pueden relacionar entre sí este conjunto de caras?, ¿qué características tiene ese elemento de simetría?. Estas preguntas estimulan al estudiante a hacer una nueva observación, una comprobación o una búsqueda de información. Además, conducen a establecer relación entre aquello conocido (caras iguales que se repiten) y la cuestión que se plantea (cómo se repite una cara al aplicar un elemento de simetría). Las preguntas promueven que el alumnado no se limite a reproducir la respuesta, sino que mire, piense, actúe y practique la visión espacial para construir una respuesta ya que en cada modelo cristalográfico los elementos de simetría son distintos.

Al observar durante el taller que cuando practican con los modelos cristalográficos, los alumnos adquieren una buena base de construcción del aprendizaje, se va aumentando la dificultad de los modelos cristalográficos y/o se pueden introducir otras preguntas: ¿cómo se modificaría la forma geométrica de un modelo cristalográfico si hubiera un plano de simetría en un determinado lugar?, ¿qué ocurriría si este modelo cristalográfico se deformase en una dirección determinada?. Con estas preguntas, se pretende además incrementar la capacidad de ver y hablar de la simetría desde puntos de vista diferentes a los iniciales y de familiarizarse con el lenguaje científico.

Para finalizar la actividad, los alumnos realizan un cuestionario final para que, tras su análisis, se pueda evaluar el grado de consecución de los objetivos.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Tras reflexionar los docentes sobre el taller realizado y analizar las respuestas a los cuestionarios previo y posterior a la actividad se obtienen los siguientes resultados:

- Los alumnos presentan características propias de alumnos de altas capacidades (López, 2012): poseen una alta capacidad y rapidez para captar las partes fundamentales de los conceptos explicados y para poder aplicarlos al problema. Desde el principio de la actividad, los estudiantes muestran gran interés y alta participación en el estudio de la simetría.
- No todos los alumnos siguen las mismas pautas de aprendizaje. Al principio del taller es cuando más diferencias se detectan entre ellos, sin embargo, en poco tiempo las diferencias de aprendizaje entre los alumnos se minimizan y todos acaban al mismo nivel.
- Se han observado una serie de fases en el aprendizaje de los alumnos, que ponen de manifiesto las principales dificultades que encuentran al realizar la tarea. Hay que tener presente que no todos los alumnos siguen necesariamente todas estas fases, que no son estrictamente sucesivas y que la duración de las mismas puede variar.

En una primera fase los alumnos intentan deducir la simetría de los modelos cristalográficos analizando la simetría de las caras en dos dimensiones. Es decir, simplifican el problema, ya que todavía no han construido la idea de que los elementos de simetría atraviesan el poliedro totalmente. Tienen dificultad en observar los ejes de rotación y planos de simetría que relacionan dos caras contiguas y que,

---

por lo tanto, atraviesan las aristas entre ellas. En esta fase, en ocasiones un mismo plano de simetría lo cuentan varias veces (en su corte con cada una de las caras que atraviesa). Quedan así patentes las dificultades que encuentran los alumnos para visualizar la simetría en tres dimensiones.

En una segunda fase identifican con relativa facilidad los planos de simetría perpendiculares a los ejes de rotación de mayor orden, lo cual les ayuda a tomar conciencia de que los elementos de simetría tienen entidad tridimensional y se cortan en el centro del poliedro. En este momento, algunos alumnos no siguen buscando más elementos de simetría aunque el poliedro los presente.

Los alumnos ya dominan la metodología de trabajo en la tercera fase. Son capaces de deducir la presencia y el orden de ejes de rotación al observar cuántas veces se repite una determinada cara en un giro de 360° en torno al eje, identifican los planos de simetría como superficies que atraviesan totalmente el poliedro y son capaces de deducir todos los planos de simetría que contienen al eje de rotación principal. Es decir, tras hacer girar el poliedro y verlo desde distintos ángulos, toman conciencia de la disposición real de los elementos de simetría e interiorizan la visión de la simetría en tres dimensiones.

En una cuarta fase reconocen ejes de rotación perpendiculares al eje principal e incluso ejes de rotoinversión. Es decir, acaban desarrollando una gran competencia respecto a simetrías complejas y por tanto, ha mejorado la capacidad de visión espacial de los alumnos. Dicha afirmación se ve también corroborada por el hecho de que los alumnos responden correctamente al hacerles preguntas (Márquez Roca, Gómez, Sardá y Pujol, 2004) sobre hipotéticos cambios de forma o de simetría de modo que, llegados a este punto, los alumnos son capaces de imaginar la forma y la simetría de cuerpos tridimensionales sin la necesidad de tener contacto real con ellos.

Finalmente, en la quinta fase los alumnos son capaces de identificar, describir y explicar los elementos de simetría de un modelo cristalográfico determinado utilizando el lenguaje adecuado y relacionando correctamente la información adquirida.

-Del análisis de los cuestionarios previo y posterior a la actividad, se puede concluir que todos los alumnos han ampliado la complejidad de su concepto de mineral al trabajar con la simetría. Al comprender que la simetría es el reflejo de una disposición geométrica ordenada de la estructura interna, los alumnos son capaces de entender el concepto de cristal en todo su significado (De Posada, 1993) y por lo tanto, asumen una de las premisas imprescindibles para que un sólido inorgánico sea considerado mineral.

Se detecta que antes de realizar el taller los alumnos poseen ideas alternativas semejantes a las detectadas por Lillo (1992) y otras como considerar que únicamente los materiales transparentes son cristales. Tras la actividad, han descubierto que la diafanidad no es una característica distintiva de los cristales ni de los minerales.

-Tras la realización del taller, los alumnos afirman rotundamente que su interés por el estudio de los minerales ha aumentado notablemente.

Como conclusión, podemos señalar que esta actividad ha resultado adecuada como actividad de refuerzo para los alumnos de altas capacidades y que las herramientas facilitadas en este taller han contribuido a ampliar su capacidad de visión espacial.

## AGRADECIMIENTOS

Grupo consolidado de Investigación Aplicada BEAGLE (Gobierno de Aragón y Fondo Social Europeo). Proyecto EDU2011-27098 Dirección General de Investigación Científica y Técnica, Ministerio de Economía y Competitividad.

---

## BIBLIOGRAFÍA

Aroca, E., Martínez, P., Martínez, M.D. (2001). *Experiencias de atención educativas al alumnado con altas capacidades*. Valencia: Ed. Conselleria de Cultura, Educació i Sport.

De Posada, J.M. (1993). Concepciones de los alumnos de 15-18 años sobre la estructura interna de la materia en el estado sólido. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 11 (1), pp. 12-19.

Gallegos, J.A. (1996). La elaboración del concepto mineral y su aprendizaje. *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra*, 4 (3), pp. 212-217.

Harle, M., Towns, M. (2011). A review of spatial ability literature, its connection to chemistry, and implications for instruction. *Journal of Chemical Education*, 88 (3), pp. 351-360.

Lillo, J. (1992). Ideas de los alumnos de 3º de magisterio sobre los conceptos mineral y roca. *III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología*, I, pp. 422-430.

López Garzón, J.C. (2012). *Didáctica para alumnos con altas capacidades*. Madrid: Síntesis.

Márquez, C., Roca, M., Gómez, A., Sardá, A., Pujol, R.M. (2004). La construcción de modelos explicativos complejos mediante preguntas mediadoras. *Investigación en la escuela 2004*, pp. 71-81.

Mattewson, J.H. (1999). Visual-spatial thinking: an aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, 83, 33-54.

Ozdemir, G. (2010). Exploring visuospatial thinking in learning about mineralogy: spatial orientation ability and spatial visualization ability. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, pp. 737-759.

Piaget, J. (1978). *La representación del mundo en el niño*. Madrid: Morata.