

ConCiencia inclusiva: talleres experimentales de crecimiento de cristales como herramienta pedagógica inclusiva

ConCiencia inclusive: experimental workshops in crystal growth as a didactic tool in inclusive education

Santiago Herrero Domínguez¹, Josefina Perles Hernáez², Ana M^a López Pérez³, M^a del Carmen Jiménez de la Hoz⁴, Juan Miguel Fernández Rodríguez⁵, Mariano Gibaja Jiménez⁵, Ana Alonso Martínez⁶

1. Departamento de Química Inorgánica. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Complutense de Madrid. sherrero@ucm.es

2. Laboratorio de Difracción de Rayos X de Monocristal. Servicio Interdepartamental de Investigación. Universidad Autónoma de Madrid. josefina.perles@uam.es

3. Instituto de Educación Secundaria Gabriel Cisneros, Móstoles. analopez1906@gmail.com

4. Departamento de Educación Inclusiva. Facultad de Educación y Ciencias Sociales. Centro Superior de Estudios Universitarios La Salle. Madrid. carmenjh@lallecampus.es

5. Colegio de Educación Especial Estudio 3 AFANIAS. Madrid. jmfernandez@afanias.org

6. Colegios Ramón y Cajal. Madrid. ana.alonso@rcajal.es

Recibido: 14-marzo-2016. Aceptado: 10-mayo-2016. Publicado en formato electrónico: 14-diciembre-2016.

PALABRAS CLAVE: educación inclusiva, talleres, cristalografía, crecimiento cristalino, experimentos científicos, discapacidad intelectual, Educación Secundaria Obligatoria (ESO), Educación Básica Obligatoria (EBO).

KEY WORDS: inclusive education, workshops, crystallography, crystal growth, scientific experiments, intellectual disability, Educación Secundaria Obligatoria (ESO, Compulsory Secondary School), Educación Básica Obligatoria (EBO, Compulsory Elementary School).

RESUMEN

El proyecto ConCiencia Inclusiva utiliza experiencias científicas basadas en las ciencias químicas, en concreto la cristalografía, con el objetivo de promover situaciones de aprendizaje compartidas entre personas con y sin discapacidad.

En el artículo se describe un conjunto de actividades realizadas con alumnado de educación secundaria de dos centros educativos basadas en la cristalografía y el crecimiento cristalino. En estas actividades se ha empleado la metodología de aprendizaje cooperativo entre parejas, de manera que mediante la observación y el planteamiento de hipótesis y, sobre todo, a través del trabajo manual, se acerque el alumnado a la comprensión de los sucesos que ocurren en su entorno. Los experimentos desarrollados en esta práctica inclusiva piloto han mostrado un enorme potencial como herramienta pedagógica, no sólo para el acercamiento de las ciencias experimentales a los contextos escolares de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y la Educación Básica Obligatoria (EBO), sino también para la consecución de objetivos relacionados con el desarrollo personal.

ABSTRACT

ConCiencia Inclusiva (Inclusive Conscience/With Science) is a project that uses scientific experiences based on the chemical sciences, crystallography in particular, to promote shared learning situations involving people with and without disabilities.

This article describes a set of activities based on crystallography and crystal growth performed by secondary school students from two schools. These activities are based on the methodology of cooperative learning in couples so that, through observation and formulation of hypotheses and, above all, through manual labour, students can understand the events that occur in their environment. The set of experiments performed in this pioneer inclusive practice have shown great potential as a teaching tool, not only to introduce experimental sciences in the school contexts of Educación Secundaria Obligatoria (ESO, Compulsory Secondary School) and Educación Básica Obligatoria (EBO, Compulsory Elementary School), but also to accomplish personal development goals.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco inclusivo en el que se encuentra actualmente el sistema educativo español podemos encontrar diversas experiencias de prácticas inclusivas (MACARULLA & SÁIZ, 2009; ARNÁIZ, 2011), lo que permite inferir que este marco sea el más adecuado y eficaz. Estas prácticas tienen como objetivo hacer realidad el derecho de todo el alumnado a recibir una educación inclusiva y de calidad en el que, como indican STAINBACK Y STAINBACK (1999), todos pertenecen a un mismo grupo, todos pueden aprender en la cotidianidad del centro, todos se rigen por las mismas reglas de igualdad, justicia y respeto, y todos reciben los apoyos que necesitan dentro de la misma aula ordinaria. Esta concepción de educación es la que se manifiesta en la práctica inclusiva que se presenta en este artículo.

Todas las experiencias significativas en materia inclusiva que se están llevando a cabo en los diferentes contextos educativos permitirán materializar la escuela inclusiva que se desea y se persigue, en la que haya cabida para todos, pero no sólo en unos momentos puntuales del día donde personas con discapacidad y sin discapacidad comparten una actividad particular en un día concreto sino para la convivencia a tiempo completo en un centro ordinario, donde cada día todo el alumnado, sin distinción, conviva para aprender conjuntamente. Este es el objetivo que persigue la educación inclusiva.

A la hora de plantear una experiencia científica inclusiva debe tenerse en cuenta la dificultad para la adquisición de conceptos o para entender planteamientos abstractos, especialmente acusada en personas con discapacidad intelectual. Esto obliga a que los aprendizajes sean muy prácticos y que los procesos sean sencillos y fácilmente detectados por los sentidos. Además, para que esos aprendizajes sean significativos, han de estar relacionados con lo más próximo, con lo conocido y con la vida cotidiana. Las experiencias han de permitir obtener resultados llamativos en tiempos razonables para que resulten motivadoras y también deben emplearse sustancias y materiales que no sean peligrosos. La experiencia inclusiva piloto que aquí se presenta se basa en talleres de crecimiento cristalino, que no solo cumplen todos estos requisitos, sino que resultan especialmente atractivos y adecuados para el trabajo con el alumnado de educación secundaria.

La cristalografía y el crecimiento cristalino son áreas de la ciencia de gran importancia y con alta repercusión en el avance de otras ciencias, como la química, la física, la biología, la geología, la ciencia de materiales o la medicina. En el ámbito educativo, permiten desarrollar importantes habilidades como la observación de fenómenos y su estudio o la relación que existe entre la estructura de los sólidos y sus propiedades.

Paradójicamente, los contenidos relacionados con la cristalografía han ido desapareciendo paulatinamente de la educación preuniversitaria, y esto redundaría en un desconocimiento general de esta materia en la sociedad (FANWICK, 2007). Esto supone, por un lado, un problema para explicar conceptos básicos como la diferencia entre los términos cristal y vidrio, agravado por el hecho de que en castellano ambos significados se encuentran incluidos en las acepciones de cristal. Por otro lado, constituye una ventaja al sorprender al alumnado con unos conceptos nuevos para ellos. Este factor sorpresa es aprovechado, por ejemplo,

en la exposición *CRISTALES: un mundo por descubrir* (GARCÍA-RUIZ et al., 2015), que comparte la misma base conceptual que las experiencias que aquí se presentan.

2. ANTECEDENTES

La enseñanza y el aprendizaje de conceptos científicos, como tales, no suelen formar parte del currículo de los centros educativos dedicados a personas con discapacidad intelectual. Las razones son múltiples. Por un lado, está la dificultad del alumnado para entender planteamientos abstractos. Por otro lado, en los colegios de educación especial se adaptan las enseñanzas de la Educación Básica Obligatoria (EBO) a las necesidades y capacidades de su alumnado mediante programas de desarrollo individual dirigidos a implementar aprendizajes académicos o escolares y favorecer su desarrollo personal. A esto hay que añadir el hecho de que a menudo los profesores de estos centros o bien no tienen una adecuada formación científica o, si la tienen, no existe en los centros una mínima dotación material que permita llevar a cabo experiencias científicas, o simplemente que, ante las dificultades intelectuales del alumnado, desisten de llevarlas a cabo. Y si a todo lo anterior se une la escasa cultura científica de la sociedad española, no parece extraño que la ciencia apenas tenga cabida en este colectivo. No obstante, en el Colegio Estudio 3 AFANIAS han desarrollado metodologías, como la de agrupamientos flexibles que, al favorecer la homogeneidad en los grupos de alumnos y alumnas, hacen posible la realización de talleres. Por ejemplo, en el área de Conocimiento del Medio ya habían realizado talleres sobre la depuración del agua, el reciclado de residuos domésticos, u otros relacionados con la astronomía, en los que se encuentran más o menos implícitos algunos conceptos científicos fundamentales.

La primera colaboración entre la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid (UCM) y Estudio 3 tuvo lugar con motivo de la celebración de la Semana de la Ciencia de 2010 en dicha facultad, e incluyó diversos experimentos relacionados con los componentes del aire y los cambios de estado: utilización de nitrógeno líquido, formación de oxígeno en una reacción o la demostración del carácter ácido del dióxido de carbono. Posteriormente, también se realizaron varios talleres en el Colegio Estudio 3. La experiencia fue calificada como un gran éxito por todos los agentes que intervinieron: científicos, educadores, alumnado y familias, por lo que se pensó en la posibilidad de extender este tipo de actividades a otros centros. Al año siguiente, en 2011, se realizó un taller en el Colegio de Educación Especial Miguel Hernández de Colmenar Viejo (Madrid), con motivo del Año Internacional de la Química. Fue precisamente a raíz de aquellas primeras experiencias cuando se planteó la realización de un trabajo más reposado y sistemático que pudiera, además, servir para confirmar que estas actividades no solamente logran una buena respuesta por parte del alumnado, sino que pueden llegar a favorecer aprendizajes significativos. Por ello, se diseñó un proyecto titulado *Con-Ciencia y Discapacidad*, que comenzó en la Semana de la Ciencia de 2013 y que continuó a lo largo de los años 2014 y 2015 con el patrocinio de la Sección Territorial de Madrid de la Real Sociedad Española de Química. Se realizaron varias actividades de forma secuencial, amenas e integradas en el currículo y las programaciones de los grupos de alumnos y alumnas. Así, se ayudaba a entender conceptos abstractos y a descubrir y visibilizar procesos con la ayuda de la ciencia: el cultivo de la col lombarda desde la siembra; un taller de cocina, nutrición y salud, donde se elaboraron varias recetas sencillas utilizando la col que recolectaron, como una crema que cambiaba de color con la acidez o la temperatura; un taller de química, en el que se explicaba la base científica en términos muy sencillos de los cambios observados; y un taller sobre el crecimiento de plantas para estudiar sus necesidades y su comportamiento bajo diferentes condiciones ambientales.

El actual proyecto, *ConCiencia Inclusiva*, cuyos resultados se muestran en este artículo, pretendía dar continuidad al proyecto anterior *Con-Ciencia y Discapacidad*. Ambas iniciativas se encuadran dentro de la necesidad general de acercar la ciencia a la sociedad, en concreto al colectivo de personas con discapacidad intelectual, a sus familias y al profesorado de sus centros. Los resultados del anterior proyecto han llevado a la determinación de incluir de forma permanente los experimentos químicos, y de otras ciencias, en el currículo del Colegio Estudio 3 AFANIAS. Esto se debe a que este tipo de experiencias ha con-

tribuido notablemente a la consecución de los objetivos planteados en el centro para cada escolar. Incluso en los casos donde la transmisión de conocimientos no ha sido muy significativa, sí que se han podido observar, por ejemplo, mejoras en la capacidad de atención y en la autoestima personal del alumnado.

Este proyecto, no obstante, no es una mera continuación del anterior. Aquí se plantea un nuevo reto. Tal y como sugiere su título, se pretende enlazar las ciencias y su divulgación, con el derecho al conocimiento que tiene cualquier persona, independientemente de su grado de comprensión y de sus capacidades individuales. Para ello, no sólo se proponen experiencias científicas que promuevan situaciones de aprendizaje compartidas y vivenciadas, sino también inclusivas, que resulten ser lo suficientemente significativas y enriquecedoras para todos los que van a ser partícipes de ellas. Para su consecución se incorporaron al proyecto dos doctoras en Ciencias Químicas, especialistas en cristalografía, educación y divulgación científica, además de una profesora del Departamento de Educación Inclusiva de La Salle y su alumnado. Para que la experiencia fuera inclusiva se ha contado también con la colaboración de los Colegios Ramón y Cajal.

El tema científico elegido ha sido la cristalografía y el crecimiento cristalino de varios compuestos químicos. Las actividades divulgativas y docentes en temas cristalográficos recibieron un impulso importante con la celebración del Año Internacional de la Cristalografía en 2014¹. Este impulso se ha mantenido en los años posteriores con el apoyo de diversas instituciones y la implicación de los cristalógrafos, así como otros investigadores y docentes en áreas afines. En la Comunidad de Madrid, en concreto, el grupo Nanomadrid² había realizado con anterioridad talleres, conferencias y jornadas temáticas alrededor de la cristalografía desde 2012 con alumnado de Educación Infantil, Educación Primaria, ESO y Bachillerato, en las que habían participado varios de los integrantes del proyecto que aquí se describe.

3. OBJETIVOS

Este proyecto pretende sumarse a las prácticas inclusivas que se realizan en los centros educativos y que persiguen contribuir a la formación conjunta de alumnado con y sin discapacidad intelectual.

Los objetivos generales que se persiguieron con el proyecto son la incorporación de la ciencia como recurso didáctico y de desarrollo personal en la formación de las personas con o sin discapacidad intelectual, y el desarrollo de una metodología inclusiva que utilice la ciencia como vehículo.

Los objetivos más específicos son los siguientes:

- Contribuir al aprendizaje del alumnado con o sin discapacidad, a través del acercamiento de conceptos y procesos científicos de forma práctica, vivenciada y compartida de manera que cada participante, con independencia de su capacidad comprensiva y manipulativa, sea capaz de alcanzar sus propios objetivos de aprendizaje.

- Incidir en la inclusión de las personas con discapacidad intelectual como parte de la sociedad, a través del acercamiento compartido a la ciencia (dimensiones de inclusión social y derechos de Schallock; NAVAS MACHO *et al.*, 2012) participando en actividades junto a todo tipo de personas.

- Facilitar a los futuros docentes, hoy estudiantes de la Facultad de Educación, una práctica muy significativa en el ámbito de la inclusión educativa.

- Desarrollar una experiencia inclusiva piloto que además estimule la creatividad y contribuya a la innovación metodológica y al intercambio de experiencias entre profesionales de diferentes ámbitos.

- Diferenciar cristal de sólido amorfo o vidrio.

- Mostrar la importancia y omnipresencia de distintos tipos de cristales en la vida cotidiana.

- Explicar la importancia del trabajo científico y las importantes contribuciones de la cristalografía a la sociedad.

Además, la dinámica de trabajo por parejas inculca nociones como el valor del trabajo en equipo, y el trabajo de laboratorio resalta la importancia de la observación y la anotación de las experiencias, el reciclaje (los experimentos se

1. <http://www.iycr2014.org>

2. <http://www.nanomadrid.es>

realizan en frascos de vidrio que los propios protagonistas traen) o la Química Sostenible (las disoluciones sobrantes se recogen en contenedores y se reciclan para la obtención de otros cristales que se usarán como semillas en futuros experimentos).

4. METODOLOGÍA

El equipo multidisciplinar que ha organizado y coordinado el proyecto lo han conformado especialistas en educación inclusiva, EBO y ESO, y varios científicos con experiencia en educación y en divulgación científica³. El equipo

3. Santiago Herrero Domínguez es Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid. Es miembro de la Real Sociedad Española de Química (RSEQ) y de la Junta Directiva de Ciencia Sin Barreras. Ha participado en programas de divulgación científica patrocinados por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y por la Sección Territorial de Madrid de la RSEQ. Ha publicado, junto a otros autores, varios artículos de divulgación científica y ha realizado numerosos talleres y otras actividades en centros escolares y en la Facultad de CC.QQ. destinados al alumnado de secundaria y primaria. Desde 2010 ha cooperado con varios colegios de educación especial diseñando experiencias científicas para personas con discapacidad intelectual.

Josefina Perles Hernández es Responsable Técnico de los laboratorios de Difracción de Rayos X de Monocristal y Alta Resolución del Servicio Interdepartamental de Investigación (UAM), y cuenta con una amplia experiencia en el mundo de la divulgación científica en temas relacionados con Cristalografía, Química de Materiales, Nanomateriales y Química Sostenible. Es miembro de la Junta de Gobierno del Grupo Especializado de Cristalografía y Crecimiento Cristalino (GE3C) de las Reales Sociedades Españolas de Química y Física, y Chemistry Ambassador de la American Chemical Society. Desde 2011 realiza talleres y charlas de divulgación científica en centros educativos de Educación Infantil, Primaria, Secundaria y Bachillerato para contribuir al fomento de vocaciones científicas, a la difusión de la importancia de diversos aspectos de la Química y al respeto de la sociedad hacia los científicos. Forma parte del equipo organizador en la Comunidad de Madrid del Concurso de Cristalización en la Escuela y ha sido también la directora de las actividades SIDI-UAM con motivo del Año Internacional de la Cristalografía. Está interesada en el aprendizaje creativo y en la formación temprana de las vocaciones profesionales.

Ana M^a López Pérez es Doctora en Química Orgánica por la Universidad Autónoma de Madrid. Actualmente se encuentra desarrollando su carrera de Profesora de Secundaria en el Instituto de Secundaria Gabriel Cisneros. Participó en las IV Jornadas "Con Ciencia en la Escuela" que tuvo lugar en 2014 en el Círculo de Bellas Artes. Concretamente en estas jornadas realizó diversos talleres relacionados con la construcción de un nuevo mundo real y sostenible a partir de la ciencia y la flashmob "Multitud Instantánea: Vibraciones y Ondas" organizada con ayuda los alumnos de Bachillerato del IES Alameda de Osuna. En 2015 con motivo del Año Internacional de la Luz realizó un taller titulado "¿Se puede ver la Física? con la ayuda del IES Alameda de Osuna. Desde el 2013 realiza talleres y charlas de divulgación científica en centros educativos de Educación Infantil, Primaria, Secundaria y Bachillerato en su afán por hacer más próxima la ciencia a los ciudadanos y más concretamente a los estudiantes.

M^a del Carmen Jiménez de la Hoz es profesora del Centro Superior de Estudios Universitarios La Salle, imparte varias asignaturas en la Facultad de Educación y Ciencias Sociales, en la mención de Educación Inclusiva y de Atención Temprana de las titulaciones de Grado de Magisterio de Educación Infantil y Educación Primaria, y en la Facultad de Salud en la titulación de Terapia Ocupacional. Realiza proyectos de colaboración entre universitarios y alumnos con discapacidad intelectual desarrollando talleres y experiencias educativas inclusivas. Desarrolla en la actualidad cursos formativos relacionados con la discapacidad en entornos universitarios.

Juan Miguel Fernández Rodríguez es profesor de Educación Especial y actual director del Colegio Concertado de Educación Especial ESTUDIO3-AFANIAS donde está promoviendo la realización de proyectos y experiencias que sirvan como base de partida de un modelo propio de educación inclusiva para alumnos con discapacidad intelectual. Participó con sus alumnos en la Semana de la Ciencia 2010, fecha desde la que viene impulsando en su centro proyectos y experiencias de carácter científico. Ha sido consejero en los Centros de Formación del Profesorado de la Comunidad de Madrid.

Mariano Gibaja Jiménez es profesor de Educación Especial en el Colegio ESTUDIO3-AFANIAS en la actualidad y ha ejercido anteriormente como profesor en Educación Infantil en la Escuela Infantil DELTA. Ha desarrollado diversos proyectos en el aula relacionados con la astronomía para alumnos con discapacidad intelectual y ha participado en los proyectos y experiencias de carácter científico llevados a cabo en el centro. Ana Alonso Martínez es profesora de Física y Química en E.S.O. y Bachillerato en el Colegio

científico diseñó los experimentos y los adaptó con la ayuda y el asesoramiento de los profesores de los distintos centros.

En las actividades participaron 110 escolares de educación secundaria (55 del ciclo 3 de Estudio 3 AFANIAS y 55 de 3^{er} curso de ESO de los Colegios Ramón y Cajal) así como 15 estudiantes universitarios (del Grado de Magisterio de Educación Infantil y de Educación Primaria del Centro Superior de Estudios Universitarios La Salle).

El proyecto se ha llevado a cabo en las siguientes fases:

1^a Fase: Sesiones formativas

Esta fase se desarrolló en dos sesiones. La primera fue una jornada de formación a cargo del equipo científico tanto para los estudiantes de La Salle como para los coordinadores de los equipos de los distintos centros. Esta sesión tuvo lugar el 17 de septiembre de 2015 en el Centro Universitario La Salle y constó de dos partes:

- La conferencia titulada ¡Cristales! En ella se explicaron los conceptos científicos básicos, así como la importancia de los cristales en varias de las ciencias experimentales (química, física, biología, geología, etc.) y la presencia de los cristales en la vida cotidiana. También se impartió formación relativa a las posibilidades didácticas de la cristalografía asociadas a los distintos niveles educativos.

- La demostración y explicación de los experimentos y otras actividades complementarias que se iban a llevar a cabo con el alumnado. En concreto, se describieron los siguientes experimentos:

1. Cristalización de dihidrogenofosfato monoamónico, $(\text{NH}_4)(\text{H}_2\text{PO}_4)$, impuro⁴

2. Cristalización de bórax, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, sobre limpiapipas⁵.

3. Arbolitos nevados⁶.

4. Cristalización instantánea de acetato de sodio trihidrato, $\text{Na}(\text{CH}_3\text{CO}_2) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ⁷.

5. Geodas en cáscaras de huevo⁸.

La segunda sesión también consistió en dos partes. En primer lugar, dos profesores del Colegio Estudio 3 formaron a los estudiantes universitarios sobre conocimientos específicos de las características que presentaba su alumnado y que tenían que tenerse en cuenta a la hora de trabajar con ellos. En segundo lugar, se ensayaron los experimentos 2 y 3. Esta sesión tuvo lugar el 25 septiembre de 2015.

2^a Fase: Talleres de experimentos con el alumnado de ambos colegios

En esta fase se organizaron dos talleres en el colegio de educación especial. En el primer taller (1 de octubre 2015) se distribuyó al alumnado de Estudio 3 en 6 aulas. En cada aula se contaba con 2 o 3 estudiantes del Centro Universitario

Ramón y Cajal. Ha participado en Ciencia en Acción (primer premio en la modalidad Física en la Sociedad en el año 2012) y ha participado en varios Findes Científicos, así como en el programa Investigadores del Futuro, organizados por MUNCYT y FECYT.

4. Se disuelven 50 g de dihidrogenofosfato monoamónico, $(\text{NH}_4)(\text{H}_2\text{PO}_4)$, impuro (suministrado por *Triana Science & Technology*) en 100 mL de agua muy caliente en un tarro de vidrio, se agita y se deja, abierto y tapado con un papel, durante un mínimo de dos días.

5. Se disuelven 30 g de bórax, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, en 200 mL de agua en un tarro de vidrio y se introduce en esta disolución un limpiapipas suspendido de un hilo. Se deja durante un mínimo de un día para que se formen cristales incoloros de bórax recubriendo el limpiapipas.

6. Se introduce una bola de papel aluminio en una disolución saturada muy caliente de dihidrogenofosfato monoamónico, $(\text{NH}_4)(\text{H}_2\text{PO}_4)$, durante un minuto. Se saca de la disolución y se deja escurrir. Se forma con plastilina un cilindro que sirva de tronco, con un palito en su interior. Se sujeta la bola en el palillo y al cabo de unos minutos se forman pequeños cristales de dihidrogenofosfato monoamónico que cubrirán el papel aluminio.

7. Se prepara una disolución sobresaturada de acetato de sodio trihidrato (160 g de $\text{Na}(\text{CH}_3\text{COO}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ + 30 mL de agua). Se calienta y se deja enfriar lentamente y tapada para que permanezca líquida. Para la cristalización, se introduce un granito del mismo $\text{Na}(\text{CH}_3\text{COO}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. La disolución cristaliza de forma instantánea y desprende calor.

8. Se vacían y limpian cáscaras de huevo, en las que se adhieren con pegamento no soluble al agua pequeños cristales de una sustancia que cristalice con facilidad (bórax, dihidrogenofosfato de amonio, alumbre). Se prepara una disolución saturada de la misma sustancia y se introducen las cáscaras en la disolución en frío y destapada para que los cristales adheridos actúen de semillas.



Figura 1. Arbolito sobre el que empiezan a crecer los cristales (experimento 3).



Figura 2. Preparación de las figuras con limpiapiipas como base de cristalización.

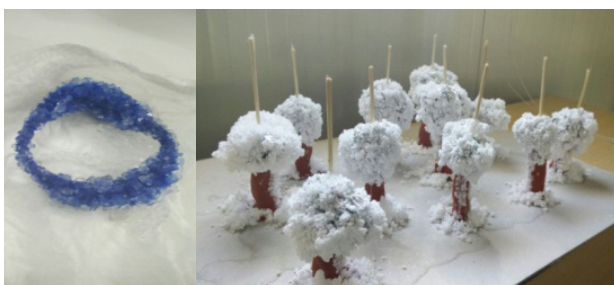


Figura 3. Resultados de los experimentos: 2 (izquierda) y (derecha).

La Salle quienes explicaban los experimentos y colaboraban en su elaboración junto con el profesorado del centro Estudio 3. En este primer taller se realizaron las primeras partes de los experimentos 2 y 3 (figura 1).

Posteriormente, en un segundo taller (8 de octubre 2015), se repitió esta misma estructura de trabajo y se observaron y examinaron los resultados de los experimentos 2 y 3 iniciados en la anterior sesión. Se analizó el crecimiento de los cristales, resolviendo curiosidades y explicando y reforzando contenidos teóricos de cristalografía. Una vez resueltas todas las dudas se procedió a realizar el experimento número 4.

Simultáneamente, en el Colegio Ramón y Cajal, su alumnado realizaba los experimentos con la coordinadora.

Con estos talleres preparatorios se pretendía que el alumnado de ambos colegios interiorizase y desarrollase los conceptos y los procesos relacionados con los experimentos que posteriormente se realizarían en una propuesta final conjunta.

3ª Fase: Talleres conjuntos de crecimiento cristalino

De nuevo esta tercera fase se desarrolló en dos sesiones en las que se realizaron los talleres conjuntos de crecimiento cristalino. Ambas sesiones se llevaron a cabo en las aulas del Ramón y Cajal. En los talleres trabajó conjuntamente el alumnado de Estudio 3 y el del Ramón y Cajal, con el apoyo del alumnado de La Salle y todo el equipo coordinador del proyecto.

En la primera sesión (26 de noviembre 2015), el alumnado colegial se organizó en parejas mixtas, con integrantes de ambos colegios. Después se distribuyeron las parejas en 6 grupos de 18-20 colegiales en total y realizaron secuencialmente dos actividades:

Actividad 1: Primera parte de los experimentos 1 y 2 (figura 2). Los profesores realizaron además, a modo de demostración, el experimento número 4.

Actividad 2: Visionado de la película documental *El Misterio de los Cristales Gigantes*, de Juan Manuel García Ruiz y Javier Trueba.

En la segunda sesión (3 de diciembre 2015), las mismas parejas sentadas en mesas de cuatro personas en una misma aula, analizaron los resultados de los experimentos de la sesión anterior (figura 3, izquierda) y discutieron las variaciones en los tamaños y formas de los cristales.

En esta sesión, se realizó también el experimento 3 (figura 3, derecha), observando en el mismo momento el crecimiento de los cristales.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El Colegio Estudio 3 apuesta por la inclusión y esta experiencia se enmarca en la experimentación y búsqueda de metodologías que a medio plazo permitan incluir a buena parte del alumnado de centros educativos ordinarios a través de las aulas estables. Se trataba de evidenciar que la inclusión educativa de personas con discapacidad intelectual en actividades escolares conjuntas con estudiantes sin discapacidad no tiene por qué limitarse solamente a compartir espacios escolares o actividades sin contenido conceptual como el recreo, el comedor, la

educación física y los talleres de plástica.

Tras realizar las actividades se han podido comprobar varios aspectos que han resultado relevantes. Todo el alumnado de los grupos mixtos se ha relacionado adecuadamente y en consonancia con la situación experimental. Específicamente, en el alumnado de Estudio3 se observó un mayor esfuerzo en controlar impulsos en prácticamente todos los casos que presentan esta dificultad en el colegio. Además, todos siguieron las actividades de una forma manipulativa y cooperaron en la realización de las mismas. En cuanto al seguimiento y adquisición de conceptos durante los experimentos, se trataba de que cada escolar llegase al grado de comprensión y a las conclusiones en función de su capacidad. No obstante, en el caso de estudiantes con discapacidad, probablemente el grado de comprensión hubiese sido mayor si previamente se hubiese hecho una adaptación de objetivos personalizada de los experimentos y se hubiesen utilizado algunos recursos de apoyo, como transcribir las instrucciones y algunos conceptos a pictogramas para algunas personas, o incluso reforzar las explicaciones con lengua de signos, para otras.

Para el alumnado del Colegio Ramón Cajal la experiencia ha resultado absolutamente enriquecedora. No solo en el aspecto curricular de los contenidos trabajados, que han interiorizado mucho mejor que con actividades de aula tradicionales, sino también y sobre todo en el aspecto de crecimiento personal y de formación en valores.

Desde el punto de vista curricular, se ha podido comprobar que el grado de adquisición de los contenidos ha sido superior al de una clase tradicional, ya que han trabajado de una manera vivencial, de forma que el alumnado ha podido hacer suyos los contenidos.

Desde el punto de la acción tutorial, que tiene especial importancia en la etapa de la adolescencia, la experiencia ha sido muy positiva, ya que han tenido la oportunidad de trabajar en equipo con adolescentes con discapacidad y superar los prejuicios, siendo conscientes de que existen realidades diferentes a la que están acostumbrados.

A través de estos talleres, el alumnado del Centro Superior de Estudios Universitarios La Salle ha podido vivenciar, en primera persona, una práctica inclusiva que nunca habían experimentado a lo largo de su formación universitaria. El contacto directo de escolares con y sin discapacidad intelectual realizando una actividad educativa científica nunca se había ofrecido en este centro. De la misma manera, estos talleres han permitido al alumnado universitario llevar a cabo metodologías didácticas específicas; la observación directa de interacciones entre alumnado con y sin discapacidad; superar miedos; eliminar mitos y prejuicios; desarrollar la capacidad de adaptación; desarrollar su autoconfianza; desarrollar su capacidad de improvisación; dirigir un trabajo cooperativo, entre otras.

Esta experiencia ha supuesto una vez más la concienciación de que la inclusión es posible, que disponiendo de recursos materiales, humanos, espaciales, organizativos, etc., la educación inclusiva se puede llevar a cabo en las aulas.

6. CONCLUSIONES

Tal y como estaba previsto, el alumnado con discapacidad intelectual escolarizado en un centro de educación especial compartió una situación experimental-científica con un grupo de estudiantes de un colegio ordinario en un contexto inclusivo de forma práctica y vivencial.

En algunos casos, los estudiantes de Estudio3 llegaron a un grado de comprensión bastante aceptable de los experimentos y tuvieron la oportunidad de realizarlos cooperando con colegas del otro colegio. Todos y todas, sin excepción, con apoyo o sin él, compartieron una situación de aprendizaje y participaron en los experimentos, incluso quienes tenían mayores necesidades de apoyo.

Se han alcanzado los objetivos pedagógicos que habían sido planteados por sus profesores, observando de forma general un buen nivel de atención, buen grado de autocontrol ante situaciones nuevas y con personas desconocidas, interés por cooperar en los experimentos y la adquisición de algunos conceptos sobre los cristales y su formación siempre en la medida de las distintas capacidades personales. No obstante, habría que elaborar recursos metodológicos de apoyo individualizados para facilitar la comprensión de los conceptos y procesos.

Desde el punto de vista de la formación y la divulgación científica, la ex-

perencia constituye una demostración patente de que el acercamiento de la ciencia a la sociedad es posible y beneficioso en cualquier ámbito. Para ello, es imprescindible contar con profesionales formados en ciencia que posean también dotes de comunicación y adapten los contenidos y los experimentos al nivel necesario en cada caso. Asimismo, es importante destacar que la faceta lúdica de los experimentos científicos elegidos se combina, en este caso, con la curiosidad innata de los jóvenes, lo que permite aprovechar la experiencia para ampliar sus conocimientos y complementar las enseñanzas recibidas en el aula.

La participación de profesionales de distintos ámbitos y el conocimiento de sus distintas realidades cotidianas, ha permitido el intercambio de experiencias y la introducción de nuevos métodos en la enseñanza, tanto en el centro de educación especial, en el centro ordinario, como en la formación de estudiantes de enseñanza superior. La implicación de personas dedicadas a la investigación científica ha sido muy valorada tanto por el alumnado como por sus profesores y sus familias, lo que ha contribuido no solo a acercar el mundo de la ciencia a este sector de la sociedad, sino también a que los científicos implicados conozcan mejor cuáles son las necesidades de nuestra sociedad.

Los objetivos generales, que eran la incorporación de la ciencia como recurso didáctico y de desarrollo personal en la formación de las personas con o sin discapacidad intelectual, y la puesta en práctica de una experiencia piloto con metodología inclusiva, se consideran alcanzados, aunque los resultados sean meramente cualitativos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración del Equipo de Profesores del Ciclo 3 del CEE Estudio 3 y Patricia Luengo del Colegio Ramón y Cajal. Este proyecto ha sido parcialmente financiado por la Sección Territorial de Madrid de la Real Sociedad Española de Química y AFANIAS.

BIBLIOGRAFÍA

- ARNAIZ, P. 2011. Luchando contra la exclusión: buenas prácticas y éxito escolar. *Innovación Educativa*. **21**: 23-35.
- GARCÍA-RUIZ, J.M.; OTALORA, F.; GARCÍA CABALLERO, A.; GONZÁLEZ-RAMÍREZ, L.A.; VERDUGO ESCAMILLA, C. 2015. Cristales: a world to discover. An exhibition for schools and universities. *J. Appl. Cryst.* **48**: 1264–1275.
- FANWICK, P.E. 2007. Observations on Crystallographic Education. *Ann. Rep. Comput. Chem.* **3**: 85–98.
- MACARULLA, I.; SÁIZ, M. (coords.). 2009. *Buenas prácticas de escuela inclusiva. La inclusión del alumnado discapacitado: un reto, una necesidad*. Graó. Barcelona.
- NAVAS MACHO, P.; GÓMEZ SÁNCHEZ, L.E.; VERDUGO ALONSO, M.A.; SCHALOCK, R.L. 2012. Derechos de las personas con discapacidad intelectual: implicaciones de la Convención de Naciones Unidas. *Siglo Cero*. **43** (243): 7-28.
- STAINBACK, S.; STAINBACK, W. 1999. *Aulas inclusivas*. Narcea. Madrid.

Este trabajo se presentó en la I Jornada de Divulgación Inclusiva, organizado por la Asociación Ciencia sin Barreras, en diciembre de 2015.

