

La mineralogía como actividad inclusiva de personas con discapacidad intelectual en un grado universitario

Mineralogy as an inclusive activity of intellectual disability people in a university degree

TOMÁS MARTÍN-CRESPO¹ Y GUIOMAR ESPEJO CASTELLÁ²

¹ Departamento de Biología y Geología, Física y Química Inorgánica, ESCET, Universidad Rey Juan Carlos, C/Tulipán s/n, 28933 Móstoles, Madrid. tomas.martin@urjc.es

² Centro de Formación para el Empleo, FUNDACIÓN JUAN XXIII RONCALLI. Av/Gran Vía del Este 1, 28032 Vicálvaro, Madrid. gespejo@fundacionjuan23roncalli.orgu

Resumen En el contexto del título propio “Especialista en soluciones verdes urbanas” impartido en la Universidad Rey Juan Carlos (URJC) en colaboración con FUNDACIÓN JUAN XXIII RONCALLI, un grupo de personas con discapacidad intelectual han sido alumnado de asignaturas de distintos grados de la URJC, en un modelo inclusivo e innovador de aprendizaje. Las clases inclusivas fueron seleccionadas previamente por técnicos de la Fundación, la Oficina Verde de la URJC y el profesorado de las asignaturas. Las asignaturas elegidas estaban alineadas con los conocimientos necesarios para la formación para el empleo como especialistas en soluciones verdes urbanas. En este trabajo se muestran las actividades realizadas en la asignatura de Mineralogía, enmarcada en 2º curso, 2º cuatrimestre del Grado de Ciencias Experimentales, así como las adaptaciones necesarias y los resultados obtenidos. En esta asignatura, el objetivo concreto es que este alumnado conozca y entienda las características de los minerales y sus aplicaciones. En total, se realizaron tres tipos de actividades en dos cursos académicos: una práctica de campo, prácticas de reconocimiento de minerales y una práctica de cristalización. Remarcar que la inclusión del alumnado con discapacidad ha sido completa, realizando todas las actividades formativas de la misma manera que el alumnado del grado, participando en algunas actividades de sus grupos de trabajo. Los resultados han sido muy positivos para todos los colectivos implicados. Para las personas con discapacidad en concreto, la experiencia se evaluó de forma positiva en cuanto a bienestar, sensación de inclusión y motivación para participar en futuras actividades.

Palabras clave: Actividad inclusiva, discapacidad intelectual, educación inclusiva, mineralogía, universidad inclusiva.

Abstract *In the context of the undergraduate degree “Specialist in Green Urban Solutions” instructed at the Universidad Rey Juan Carlos (URJC) in collaboration with FUNDACIÓN JUAN XXIII RONCALLI, a group of students with intellectual disabilities have taken part in subjects belonging to different grades of the URJC, within an inclusive and innovative learning model. This inclusive classes were previously selected by the technicians of FUNDACIÓN JUAN XXIII RONCALLI, the URJC Green Office and the university teachers involved. The subjects chosen were aligned with the knowledge that would bring the skills needed to achieve an employment as specialist in urban green solutions. In the present work, authors show activities carried out in the subject Mineralogy, framed in the second year, second semester of the Degree in Experimental Sciences, as well as their necessary adaptations and obtained results. In this case the specific goal is for these students to know and understand the characteristics of minerals and their applications. Altogether, the students of two academic courses carried out three types of activities: a field practice, mineral recognition practices, and a crystallization practice. It is important to state that the inclusion of students with disabilities has been complete, carrying out all the training activities in the same way as the students of the Degree in Experimental Sciences, taking part as it happens in their work groups in some of the activities. The results have been very positive for all the groups involved. For people with intellectual disabilities in particular, the experience result in a highly positive evaluation result in terms of well-being, sense of inclusion and motivation to participate in future activities.*

Keywords: *Inclusive activity, inclusive education, inclusive university, intellectual disability, mineralogy.*

INTRODUCCIÓN

El aumento del porcentaje de estudiantes universitarios con discapacidad en los últimos años se puede observar en el informe de la Fundación Universia (2018). Entre los años 2015 y 2018, los porcentajes varían entre el 1,5% y el 1,8% del alumnado total. Siempre con mayor porcentaje en universidades públicas que en privadas. De estos porcentajes, alrededor del 56% son personas con discapacidad física, un 18% personas con discapacidad sensorial, y el 26% restante son personas con discapacidad psicosocial, intelectual y del desarrollo, sin más detalles en el informe. Esto dificulta enormemente conocer el porcentaje real de personas con discapacidad intelectual cursando algún tipo de estudio universitario. Diversos trabajos remarcan los esfuerzos de las universidades por la inclusión de personas con discapacidad física y sensorial, pero los pocos que se hacen por la inclusión de personas con discapacidad intelectual (De Miguel y Cerrillo, 2010; Cerrillo *et al.*, 2013). En los últimos 4 años, gracias al impulso del Fondo Social Europeo y la Fundación ONCE, más de una veintena de universidades cuentan con grupos de personas con discapacidad intelectual cursando títulos propios.

La inclusión de personas con discapacidad en la universidad es, además de una exigencia de justicia social (Riddell *et al.*, 2005), una fuente de diversidad enriquecedora, tanto para la comunidad universitaria como para el conjunto de la sociedad (Ryan y Struths, 2004). Supone una experiencia que implica cambios intensos en la identidad personal y social de las personas con discapacidad intelectual (Borland y James, 1999), para las que alcanzar un nivel educativo superior aumenta las posibilidades de inserción laboral activa para todos los egresados universitarios. En 1984, la ONU proclamó la Declaración Universal de los Derechos Humanos (ACNUDH, 2020), en la que se cita en el artículo 26 “(...) *La instrucción técnica y profesional habrá de ser generalizada; el acceso a los estudios superiores será igual para todos, en función de los méritos respectivos*”. En España fue ratificada la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad, que entró en vigor el 3 de mayo de 2008, y en cuyo preámbulo se reconoce “... *que la discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno, que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás*” (BOE, 2008).

Es en esta idea donde se enmarca este proyecto de Universidad Inclusiva que se ha llevado a cabo en la Escuela de Ciencias Experimentales y Tecnología (ESCET) de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC), en su Campus de Móstoles. Este proyecto formativo se llevó a cabo durante dos periodos: el segundo semestre de 2017-18 y el curso académico completo de 2018-19. El primero bajo la organización de Título de Experto en Soluciones Verdes Urbanas, cuya duración fue de enero a junio de 2018, y que sirvió de experiencia piloto. El segundo enmarcado en el programa operativo de empleo juvenil 2014-2020, cofinanciado por el Fondo Social Europeo (FSE) y

evaluado por Fundación ONCE, fue impartido en la URJC como Título Propio de Especialista Universitario en Soluciones Verdes Urbanas. Ambos con la colaboración de FUNDACIÓN JUAN XXIII RONCALLI, donde se gesta el modelo formativo.

Este proyecto surge en el año 2017 con el objetivo de crear un itinerario formativo que permita promover y facilitar el acceso de las personas con discapacidad intelectual a empleos especializados y de calidad. Estos empleos tendrían como principio vertebrador el enfoque integrador y sostenible como marca la Estrategia Europa 2020. El escenario laboral al que se enfrentan las personas con discapacidad intelectual tras su formación para el empleo se caracteriza por trabajos que ofrecen escasas posibilidades de retarse, de progresar en su carrera profesional o de renovarse frente a las nuevas tendencias coherentes con la realidad social. Esto provoca un estancamiento de la trayectoria de crecimiento profesional y personal de muchas personas con discapacidad intelectual que carecen de plataformas para especializarse y desarrollarse acorde a las querencias de innovación en el empleo. Se detecta la necesidad de proporcionar a las personas con discapacidad intelectual nuevos empleos propicios para la meritocracia, donde el talento y las habilidades de las personas sean los verdaderos protagonistas. Se subraya entonces la importancia del acceso de las personas con discapacidad intelectual a una educación superior en la que se preste atención a las características y necesidades de apoyo de quienes presentan discapacidad intelectual, favoreciendo el desarrollo de aprendizajes, habilidades y destrezas que mejoren su “perfil de empleabilidad”.

Desde el Centro de Formación para el Empleo de la fundación se contacta con la URJC para, no sólo garantizar el acceso de las personas con discapacidad intelectual, sino perfilar un modelo formativo inclusivo que garantice la calidad y equidad de una educación que sea capaz de dar respuesta a la diversidad y que implique un proceso de transformación de la comunidad universitaria. Se selecciona el ámbito laboral de soluciones verdes urbanas con el objetivo de aportar un grado superior de especialización a quienes su profesión será el sector de la jardinería y la agricultura que, tras cursar certificados de profesionalidad, puedan adquirir las competencias suficientes para enfrentarse a los nuevos desafíos que nos plantea el cambio climático, en especial en zonas urbanas. Estas competencias se centran en técnicas y métodos de trabajo de bajo impacto como la agricultura ecológica, la ejecución de soluciones que contribuyen a la infraestructura verde (cubiertas vegetales y fachadas verdes), y la jardinería sostenible. Teniendo como meta la formación en este tipo de actividades para el empleo de especialistas en soluciones verdes urbanas como finalidad primordial del diseño de contenidos formativos del título propio, se contó con el inestimable asesoramiento de la coordinadora de la Oficina Verde de la URJC, Consuelo Iriarte. Ella identificó asignaturas de los grados de la Escuela de Ciencias Experimentales y Tecnología (ESCET) que fuesen congruentes con los objetivos generales del plan formativo. El criterio de selección de

estas asignaturas residió, principalmente, en la coherencia de los contenidos con el programa curricular, pero también en la elección de profesorado comprometido, con actitud positiva para aceptar y entender las diferencias de quienes se educan en las universidades, y que pudiesen garantizar, no sólo una educación académica de calidad, sino un espacio de bienestar para favorecer la inclusión en el aula. Contar con profesorado comprometido es importante, y aunque en este caso fue un input muy positivo, pudiera llegar a ser una limitación de la aplicación de estas actividades.

El programa curricular se sostenía en tres pilares importantes, en primer lugar la adquisición de una buena base de conocimientos científicos para entender los principios esenciales del sistema climático de la Tierra, así como las relaciones e importancia de la biodiversidad y ecosistemas de nuestro planeta. En segundo lugar comprender la problemática ambiental actual derivada del cambio climático, las causas y los principales desafíos a los que se enfrentan los entornos urbanos derivados de la misma. Y en tercer lugar, dotar de las herramientas disponibles en el ámbito de la jardinería y la agricultura para poder mitigar sus efectos, y adaptarnos a los mismos.

Entre las asignaturas elegidas para el título propio, figuran tres de temática geológica: Geología, Mineralogía y Análisis de Riesgos Naturales. En relación a personas con discapacidad funcional, hay trabajos publicados sobre el diseño de actividades de divulgación geológica (Fesharaki *et al.*, 2016; Muñoz *et al.*, 2018). Conceptos como el tiempo geológico (Muñoz-García *et al.*, 2015) o el crecimiento de cristales (Herrero Domínguez *et al.*, 2017) también han sido utilizadas como herramientas inclusivas en alumnado con discapacidad intelectual.

Moreno-Rodríguez *et al.* (2019) han plasmado en su trabajo los resultados del planteamiento y desarrollo del itinerario formativo en la URJC del segundo curso al que se alude en el presente trabajo, es decir, la puesta en marcha del citado Título de Especialista Universitario en Soluciones Verdes Urbanas. Los resultados generales de la implantación de todo el itinerario formativo se dividen en diferentes áreas relacionadas con el empleo al egreso, habilidades sociales y emocionales, y grado de satisfacción tanto de quienes participan como de la comunidad universitaria. Las conclusiones, justificadas con la estadística de las encuestas de valoración realizadas a docentes y estudiantes, son satisfactorias en todas las áreas.

CONTEXTO FORMATIVO

El Título de Experto en Soluciones Verdes Urbanas impartido de enero a junio del curso 2017-2018 consta en el bloque teórico-práctico de 378 horas de docencia destinadas a la formación para el empleo en el ámbito de Soluciones Verdes Urbanas, de las cuales 80 horas son clases inclusivas del segundo cuatrimestre y 58 son horas de formación transversal en habilidades sociales. Una vez finalizado, cada participante dedica 80 horas al *practicum* en empresas.

El contexto formativo del alumnado del título propio del curso 2018-2019 se divide en dos bloques: uno teórico-práctico de cuatro módulos y 26 créditos ECTS (260 horas), y otro bloque en el que se desempeñaba el *practicum* de cuatro créditos ECTS (40 horas). Se trata de alumnado de edades comprendidas entre 18 y 27 años, con un grado reconocido de discapacidad igual o superior al 33% y discapacidad intelectual (trastorno cognitivo, inteligencia límite y trastorno del desarrollo intelectual).

Del bloque teórico-práctico, 112 horas fueron dedicadas a formación específica con una docente del Centro de Formación para el Empleo de FUNDACIÓN JUAN XXIII RONCALLI. Se centraron en las competencias elementales para el desempeño de trabajos en jardinería sostenible, cubiertas verdes, jardines verticales y huertos ecológicos adaptados a la realidad de Madrid. Se emplearon 80 horas en formación inclusiva especializada en las aulas en las que se impartían los grados de las áreas de Biología, Geología y Ecología. Se dedicaron 58 horas a la formación en habilidades sociales, emocionales y laborales, y finalmente se destinaron 10 horas a la formación en sensibilización ambiental por parte de profesionales de la Oficina Verde de la URJC.

Durante ambos cursos se combina la formación específica con la inclusiva. Las experiencias inclusivas iban acompañadas de un itinerario de apoyo antes y después de la experiencia para acompañar en el proceso de adaptación del alumnado a su nuevo entorno, a través de la ejecución de actividades que buscan vincularlos a la vida universitaria. Es importante para el éxito de estas actividades promover entornos de aprendizaje saludables con un triple objetivo: proporcionar oportunidades, fomentar el bienestar y promover la estabilidad (Verdugo, 1998). Con ese fin se trabajan de forma continua en el aula competencias emocionales como la conciencia de las emociones propias y la capacidad de identificarlas, el autocontrol, la empatía, la automotivación y las habilidades sociales.

Las tres etapas del modelo de apoyo para la experiencia inclusiva se muestran en el esquema de la figura 1, y se detallan a continuación:

Preparación para la experiencia inclusiva

Fase 1: Adaptación curricular: Por profesorado de apoyo analiza el material didáctico de la asignatura inclusiva. Se eligen los objetivos específicos prioritarios para el aprendizaje y se transforman los contenidos a lectura fácil, si fuese necesario, para que los parámetros de accesibilidad cognitiva se atiendan convenientemente.

Fase 2: Informar al alumnado: Se aporta la información sobre la experiencia inclusiva, desde el entorno físico y social, hasta el contexto pedagógico y emocional.

- Entorno físico y social: Se informa sobre el número de participantes o alumnado que habrá, el grado y el curso al que pertenece el alumnado del grado al que asistirán. Esto ayuda a que eviten compararse al poder ubicarle dentro de una trayectoria de formación distinta a la suya. Se informa también

del horario y el aula a la que tendrán que asistir para que puedan organizar la manera de llegar de forma autónoma.

- Base conceptual del aprendizaje: A nivel pedagógico la intención no es conducir y controlar previamente su futura experiencia, sino sentar los cimientos para que ésta sea lo más autónoma y equitativa posible. Asimismo, es importante que el alumnado encuentre el hilo conductor que relaciona los contenidos teóricos que va a recibir con el sentido práctico que tendrán en su futuro laboral. En primer lugar, se realiza un mapa de los objetivos específicos que se quieren alcanzar con la clase, y que se han elegido en la fase previa. Una vez establecidos, se realizan actividades en las que se puedan afianzar conceptos que sirvan como base para una mayor comprensión de los conocimientos que se impartirán en la experiencia inclusiva.

- Contexto emocional: Muchas de las personas con discapacidad intelectual parten de una educación que ha realzado situaciones de desventaja y se han visto excluidos, lo que produce un efecto de merma en su autoestima (Blanco, 1999). Por eso, un pilar fundamental de estas experiencias es abordar el vínculo emocional que existe con respecto a la futura experiencia, y enfrentar de forma individual o grupal las herramientas necesarias para hacer frente a la obstaculización de la misma.

Fase 3: Marcar nuevas formas de evaluación: Tras todo el trabajo previo, el alumnado marca sus propias metas creando así una alianza con su propósito de aprendizaje. El objetivo es comparar la actuación de una persona consigo misma y no con otras, o en relación a una norma (Martínez Santana *et al.*, 2015). Es una forma de valorar su madurez y actitud de responsabilidad, autonomía y motivación ante su proceso de aprendizaje.

Experiencia inclusiva

Se debe proporcionar al alumnado experiencias inclusivas, de normalización dentro del entorno universitario. Para ello se promueve su participación en

el aula y el trabajo en equipo con el resto de estudiantes sin discapacidad intelectual. Se fomenta su autonomía y desarrollo personal realizando las actividades en el aula en idénticas condiciones que el alumnado de grado.

Evaluación cualitativa

Fase 1: Recogida cualitativa de experiencias para la retroalimentación: El alumnado realiza un escrito sobre lo que han recibido de la experiencia, tanto de la perspectiva académica como de la personal. Esta autoevaluación de su experiencia debe carecer de juicio, y por lo tanto su objetivo no es la evaluación del profesorado sobre los conocimientos adquiridos sino la propia reflexión del alumnado.

Fase 2: Aclaración e integración de conocimientos: Se abre un espacio para las dudas y las preguntas en grupo. Si se detecta la necesidad, y a partir de la funcionalidad de los contenidos para su futura actividad laboral, se realizan dinámicas y ejercicios para afianzar los conocimientos. Se utilizan metodologías basadas en el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje-servicio y las inteligencias múltiples, de forma que se adapten a la heterogeneidad del grupo.

En el marco de este contexto formativo, el alumnado del título propio realizó varias actividades prácticas de la asignatura Mineralogía, que se imparte en el 2º cuatrimestre del 2º curso del grado en Ciencias Experimentales, en la Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología de la Universidad Rey Juan Carlos (www.urjc.es/estudios/grado/589-ciencias-experimentales). Es un grado presencial, en el que el alumnado recibe los conocimientos y competencias más importantes de las grandes ciencias experimentales: física, química, biología y geología. Mineralogía es una asignatura cuatrimestral obligatoria de 6 créditos, de los que 1 crédito es de prácticas de laboratorio, y 0,4 créditos son de prácticas de campo. También se realizan actividades competenciales en grupo, en las que se enmarca la práctica de cristalización.



Fig. 1. Modelo de apoyo a las experiencias inclusivas: 1. Preparación para la experiencia, 2. Experiencia inclusiva, 3. Evaluación cualitativa.

	CURSO 2017-18	CURSO 2018-19
Alumnos totales	37 grado 11 UI	38 grado 13 UI
Práctica de campo	Grupo completo	12 grado
Reconocimiento de minerales	12 grado	13 UI
Cristalización	11 UI	Grupo completo

Tabla I. Actividades realizadas conjuntamente en cada curso académico, y número de alumnos de grado y de FUNDACION JUAN XXIII RONCALLI.

ACTIVIDADES INCLUSIVAS REALIZADAS

Las actividades se proponen por el profesorado de la URJC buscando que se distinguan por su carácter práctico y porque impliquen, si es posible, un marco cooperativo y participativo con el resto del alumnado. En el contexto formativo expuesto en la sección anterior, y teniendo en cuenta estos criterios de selección, se decidió la realización de dos tipos de actividades por curso: en el curso 2017-18 se realizaron las prácticas de reconocimiento de minerales y la práctica de campo (por ese orden), y en el siguiente curso 2018-19 las prácticas de reconocimiento de minerales y una práctica de cristalización (por ese orden). La tabla I recoge las actividades que se hicieron en cada curso y el alumnado que participó de manera conjunta. El detalle de las actividades que se realizaron, así como las adaptaciones pedagógicas para el alumnado del título propio, se detallan a continuación. Importante remarcar que, durante la realización de todas las actividades, siempre estuvo presente Guiomar Espejo, docente del Centro de Formación para el Empleo de FUNDACIÓN JUAN XXIII RONCALLI, y que asume durante el curso la figura del profesor de apoyo. Su presencia es fundamental y necesaria para llevar a cabo el modelo de formación inclusiva previamente detallado. Al finalizar los cursos, se realizaron encuestas de valoración docente, tanto al profesorado universitario involucrado como al alumnado del grado que ha compartido estas actividades con el alumnado del título propio.

Práctica de campo (2017-18)

Esta actividad solo se realizó durante el primero de los dos cursos académicos inclusivos realizados. En el apartado de Resultados se explican los motivos. La práctica de campo tiene una duración de un día de trabajo, de 9:00 a 17:00 h, y se realiza transcurridos dos tercios de cuatrimestre, es decir, una vez el alumnado ya tiene conocimientos suficientes como para afrontarla de manera satisfactoria. Al alumnado se le facilita una guía de la práctica de campo dos semanas antes de la práctica para su lectura y comprensión. Se realizan una serie de paradas en distintos puntos del granito de La Cabrera, en la Sierra de Guadarrama, a unos 100 km al norte de la ciudad de Madrid. El objetivo es el reconocimiento tanto de la mineralogía del granito como de las distintas mineralizaciones encajadas en el mismo. En la primera parada, el alumnado toma contacto con el granito, su edad, mineralogía, proceso de formación, extensión y del cortejo de sucesivas mineralizaciones encajadas en él a lo largo de más de 300 Ma de historia geológica. Algunas de las mineralizaciones que se observan en las siguientes pa-

radas son pegmatitas ígneas, pegmatitas de borde ígneo y núcleo hidrotermal, o filones hidrotermales de cuarzo, junto con procesos de arenización, y de explotación del granito en canteras (Fig. 2). En la última parada, en la localidad de El Berrueco, pueden observar un museo al aire libre (Museo de la Piedra) con diversos elementos rurales de las labores típicas de la zona fabricados en granito. La dinámica de cada parada siempre es la misma: una explicación del afloramiento por parte del profesorado, seguida de un periodo de observación y preguntas por parte del alumnado.

La adaptación pedagógica más importante se realizó en los procedimientos y materiales empleados por el alumnado del título propio en las etapas de preparación (1) y de evaluación cualitativa (3).

Preparación para la experiencia inclusiva:

Fase 1: Adaptación curricular: En este caso no se realiza ninguna adaptación a lectura fácil. Se diseña la actividad de lectoescritura cooperativa distribuyendo el texto en tres secciones equilibradas pero con distintos grados de dificultad para poder adaptarse más adelante a los distintos perfiles de capacidad lecto-escritora presentes en la clase. Se preparan además los contenidos sobre mineralogía para el juego de preguntas basadas en los conocimientos que aparecen en la guía de campo.

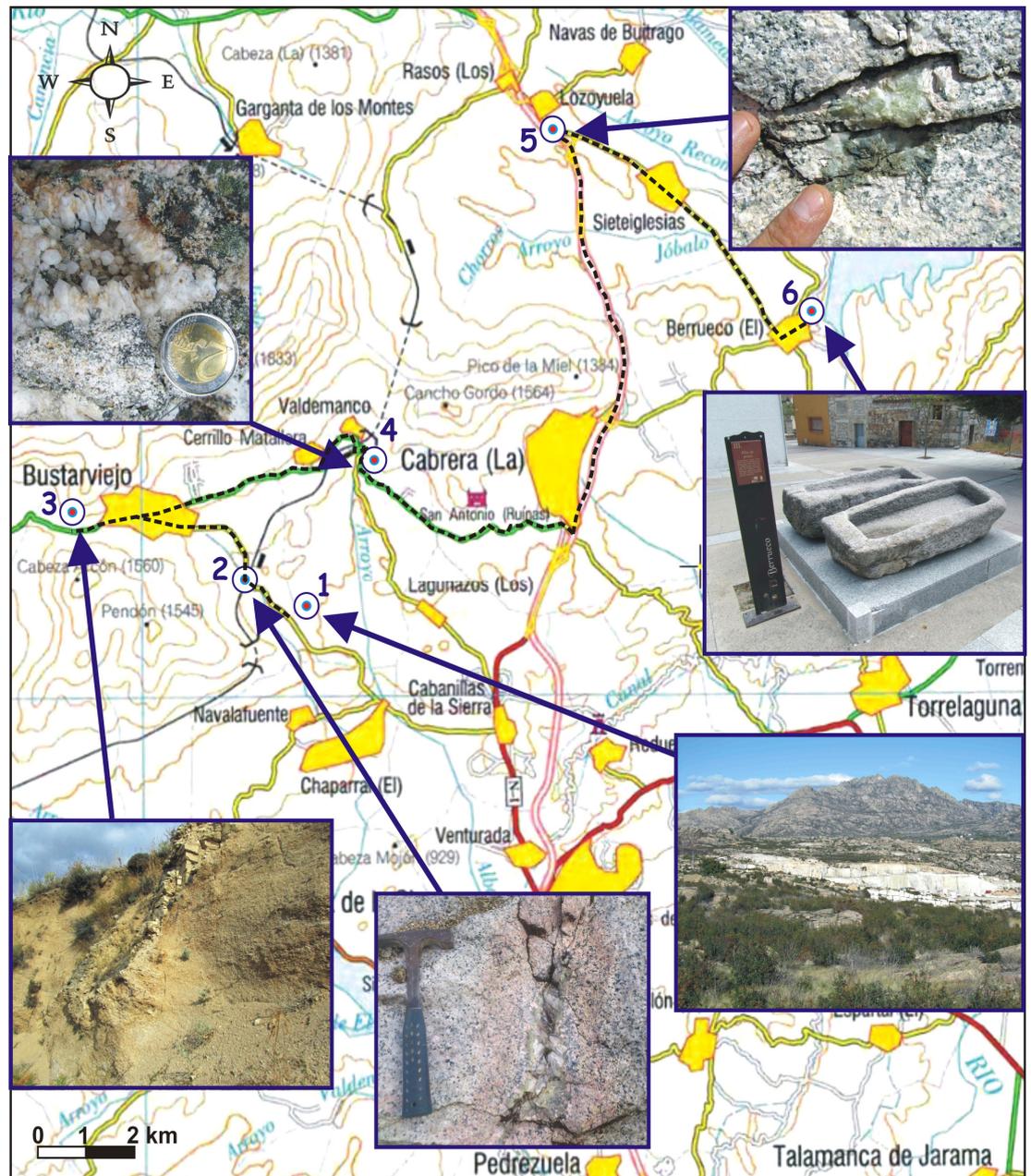
Fase 2: Informar al alumnado:

- Entorno físico y social: Se muestra en el mapa la localización de los lugares físicos que forman parte del itinerario.

- Base conceptual del aprendizaje:

- Explicación de lo que es la mineralogía, se realiza un juego con la aplicación kahoot.it en el que se exponen curiosidades relacionadas con la mineralogía para que el alumnado genere un vínculo de interés y motivación por esta ciencia.
- Lectura de la guía. Se realizan cuatro grupos (grupos 1, 2, 3 y 4) de tres personas cada uno y se divide la guía en tres partes (A, B y C). En cada grupo habrá una persona que lea cada una de las partes. Primero se juntarán las distintas encargadas de leer cada parte de los distintos grupos, (ej.: todos los A de los grupos 1, 2, 3 y 4) para explicarse entre ellas lo que han entendido y establecer lo que van a contarle después a su grupo, es decir, ponen en común los conocimientos y elaboran un resumen para luego volver a sus respectivos grupos y transmitirlo. Esto se repite con las partes B y C. Una vez realizada esta actividad, la clase como conjunto analiza lo aprendido y lo que esperan de la experiencia.

Fig. 2. Mapa con la localización de las paradas de la práctica de campo, y fotografías representativas de la observación de cada una de ellas: 1. Vista general del granito de La Cabrera, 2. Pegmatita encajada en el granito, 3. Filón de aplita encajado en el granito arenizado, 4. Estructuras en peine de cristales de cuarzo lechoso, 5. Pegmatita con minerales ígneos e hidrotermales, 6. Utensilios de labores antiguas esculpidas en el granito de la zona.



----- Recorrido de la práctica de campo

- Contexto emocional: Se trabaja con el apoyo del equipo de psicología de FUNDACIÓN JUAN XXIII RONCALLI.

Fase 3: Marcar nuevas formas de evaluación: Se marca como objetivo grupal el ser capaces de reconocer el granito, un material que va a ser de uso en jardinería en su futuro entorno laboral.

Evaluación cualitativa

Fase 2: Aclaración e integración de conocimientos: Realizar un trabajo en clase sobre el granito y los minerales que lo componen, así como el uso del granito en jardinería. En grupo se vieron fotos de distintos tipos de rocas de uso ornamental en jardinería y los minerales de los que estaban formadas.

Práctica de reconocimiento de minerales (2017-18; 2018-19)

Esta actividad consta de dos prácticas de dos horas de duración cada una en la que se pretende que el alumnado identifique minerales a partir de la observación directa de sus propiedades físicas principales. Una práctica para el reconocimiento de silicatos y otra para el de no silicatos. Además de dejar al alumnado un tutorial de las prácticas semanales, antes, en la primera de las sesiones, el profesorado refresca durante 15 minutos las propiedades que permiten identificar a los minerales: forma, hábito, color, brillo, dureza, fractura, exfoliación, magnetismo, tacto, sabor (Fig. 3). Durante el resto de la primera y segunda sesiones es el alumnado quien estudia las muestras de mano repartidas por el aula

PRACTICAS RECONOCIMIENTO DE MINERALES

OBJETIVO

Identificar minerales a partir de la observación directa de sus propiedades físicas principales.

CONCEPTOS BÁSICOS

Un mineral es una sustancia inorgánica de origen natural con una estructura atómica determinada y una composición química característica. Si sus átomos están ordenados, se le denomina cristal, y si sus átomos están desordenados, se le denomina vidrio. Las propiedades físicas de los minerales están condicionadas por su estructura interna y su composición química. El análisis visual de algunas de estas propiedades permite identificar los minerales: forma, hábito, color, brillo, dureza, fractura, exfoliación, magnetismo, tacto, sabor.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MINERALES

Forma

La forma es la geometría externa perfecta que puede tener un mineral como consecuencia de la disposición atómica ordenada, y siempre que las condiciones de crecimiento sean adecuadas (por ejemplo, que haya espacio suficiente para crecer). La mayoría de los minerales no presentan forma. Cuando un ejemplar de un mineral tiene sus caras bien desarrolladas, también se le denomina como cristal. Tipos de forma: prisma, pirámide, trigonal, cubo, octaedro, romboedro.

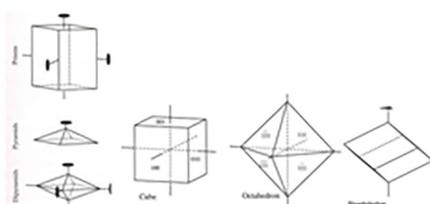


Figura 1. Algunos tipos de forma

1

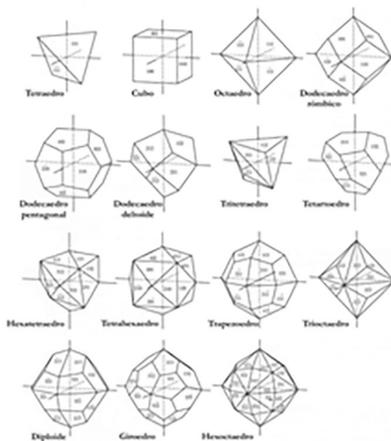


Figura 2. Formas del sistema cúbico

Hábito

El hábito es el aspecto externo que presenta un mineral individual o un agregado de minerales, y que no está relacionado con la estructura atómica. Tipos de hábito de minerales individuales: acicular, fibroso, laminar, tabular, prismático, en barrilete, cúbico. Tipos de hábito de agregados cristalinos: radial, laminar, granular, masivo, coloidal, botrioidal, dendrítico, estalactítico.

Una superficie que está recubierta por una capa de cristales pequeños se denomina espejo, y una cavidad cuyas paredes están recubiertas por cristales se denomina grutas.

2



Figura 3. Algunos tipos de hábitos de individuos minerales y de agregados cristalinos.

Color

El color es una propiedad que está condicionada por las longitudes de onda en el intervalo de luz visible que los minerales absorben, y las longitudes de onda que llegan al ojo. Los procesos responsables del color están relacionados con la presencia de determinados elementos químicos, defectos e impurezas en la estructura cristalina. Algunos minerales presentan siempre el mismo color: la galena es gris, la pirita es dorada, la cianita es azul, malaquita es verde, la azurita es azul. Sin embargo, otros muchos minerales presentan colores variados, por la presencia de impurezas.

3

inclusiones, alteraciones metélicas: cuarzo (incoloro, morado, amarillo, rosa, negro), fluorita (morada, amarilla, azul), aragonita (incoloro, marrón, verde). Los minerales incoloros son aquellos que no absorben la luz.

Brillo

El brillo es el aspecto que presenta la superficie de un mineral cuando refleja la luz blanca que incide sobre ella, y es función del índice de refracción de la superficie. Se debe observar en superficies que no estén alteradas y dentro de una misma mineralogía puede variar en función del tamaño de grana. Tipos:

- ✓ Brillo mate: sin brillo.
- ✓ Brillo no metálico: característico de minerales transparentes, y comprende varios subtipos:
 - Brillo adamantino: similar al brillo del diamante, muy intenso y con muchos destellos.
 - Brillo vítreo: similar al brillo del vidrio, es decir, menos intenso que el adamantino, y es muy común (70% de los minerales), como en el cuarzo, calcita, fluorita.
 - Brillo nacarado: similar al brillo irisado de la perla, y se suele observar en los planos de exfoliación, como la moscovita, birlita.
 - Brillo resinoso: similar al brillo de la resina, como en la esferalita, calcedonia, azufre.
 - Brillo sedoso: similar al brillo de la seda, y se suele observar en agregados de fibras planas, como el yeso fibroso, la sillimanita.
 - Brillo ceroso o grasoso: similar al brillo de la cera o al de un objeto cubierto por una delgada capa de aceite, y se suele observar en minerales transparentes de fractura concoidea, como el cuarzo.
- ✓ Brillo submetálico: intermedio entre el brillo metálico y el submetálico, como en el grafito.
- ✓ Brillo metálico: característico de minerales opacos como la pirita, galena, oro, plata.

Dureza

La dureza de un mineral es su resistencia a ser rayado, suele ser función del tipo de enlaces químicos y de su estructura cristalina, y puede variar en las distintas direcciones. Esta propiedad se determina por comparación con la dureza conocida de diez minerales: la escala de Mohs (1824). Se analiza si son rayados o rayan a estos minerales. Tipos:

- ✓ Muy blandos (de 1 a 2 en la escala de Mohs): se rayan con la uña, como el talco, el yeso.

4

Fig. 3. Tutorial de la práctica de reconocimiento de minerales, con las propiedades físicas a reconocer: forma, hábito, color, brillo, dureza, exfoliación, fractura, densidad, tacto y sabor, magnetismo, piro- y piezoelectricidad.

- ✓ **Blando** (de 2 a 3): se rayan con una moneda, como la moscovita, la biotita.
- ✓ **Semiduro** (de 3 a 5): se rayan con una navaja, como la fluorita, el hematites.
- ✓ **Duro** (de 5 a 7): se rayan con el cristal, como el feldespato, la pirita, la sillimanita.
- ✓ **Muy duro** (de 7 a 10): rayan el cristal, como la andalucita, el cuarzo, el granate.

Escala de Mohs	Mineral	"Reglas" de identificación
1	TALCO	Se raya con la uña
2	YESO	Se raya con la uña
3	CALCITA	Se raya con una moneda
4	FLUORITA	Se raya con el acero
5	APATITO	Se raya con el acero
6	ORTOSA	Rayo con dificultad el cristal
7	CUARZO	Rayo con facilidad el cristal
8	TOPACIO	Rayo al cuarzo
9	CORINDÓN	Rayo al cuarzo
10	DIAMANTE	Se raya sólo con diamante

Exfoliación

La exfoliación de un mineral es su rotura a lo largo de los planos atómicos con enlaces químicos débiles, y está relacionada con la estructura interna del mismo. Sólo un pequeño porcentaje de minerales presentan esta propiedad. Tipos:

- ✓ **Exfoliación laminar**: se exfolia en láminas, como la moscovita, la biotita, el grafito, la distena.
- ✓ **Exfoliación cúbica**: se exfolia en cubos, como la galena, la halita.
- ✓ **Exfoliación octaédrica**: se exfolia en octaedros, como la fluorita, el diamante.
- ✓ **Exfoliación dodecaédrica**: se exfolia en dodecaedros.
- ✓ **Exfoliación romboédrica**: se exfolia en romboedros, como la calcita, la dolomita.
- ✓ **Exfoliación prismática**: se exfolia en prismas, como los piroxenos.

5

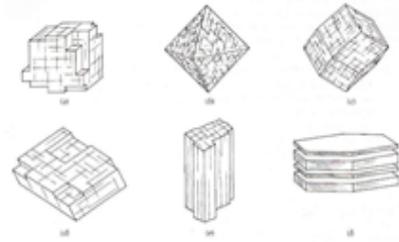


Figura 3. Tipos de exfoliación: a. cúbica, b. octaédrica, c. dodecaédrica, d. romboédrica, e. prismática y f. laminar.

Fractura

La fractura de un mineral es la rotura que no tiene relación con su estructura interna. Tipos de fractura:

- ✓ **Fractura irregular**: es el tipo de fractura más común y origina superficies bastas e irregulares.
- ✓ **Fractura concoidal**: presenta una superficie curva, lisa y suave, similar a la de la cara interior de una concha, como en el sílex, la calcedonia.
- ✓ **Fractura fibrosa o astillosa**: cuando el mineral se rompe en forma de fibras o astillas.
- ✓ **Fractura ganchoada**: presenta una superficie con entrantes y salientes, similar a los dientes de una sierra.

Densidad

La densidad de un mineral es la relación entre su masa y su volumen. Los minerales más comunes tienen un peso específico que varía entre 2,5 y 3 gr/cm³, mientras que los minerales metálicos pueden duplicar o triplicar esta cantidad, como la galena, la pirita.

Tacto y sabor

Algunos minerales tienen un tacto untuoso, que permite identificarlos mediante esta propiedad, como el talco, la sillimanita. El sabor (propiedad química) de algunos minerales es el resultado de su alta solubilidad, como la halita, la silvina.

6

Magnetismo

El magnetismo de un mineral es la propiedad de ser atraído por el campo magnético de un imán, como la magnetita.

Piezo- y piroelectricidad

Un mineral es piezoeléctrico cuando se polariza eléctricamente al ser sometido a determinados esfuerzos. Ej. Cuarzo, turmalina.

Un mineral es piroeléctrico cuando se polariza eléctricamente al ser sometido a cambios de temperatura. Ej. Cuarzo, turmalina.

BIBLIOGRAFÍA

- ◆ Gómez Ortiz, D., Martín Crespo, T. y Martín Velázquez, S. (2005). Introducción a la geología práctica. Ed. Ramón Areces.
- ◆ González Casado, J.M. y Giner Robles, J. (2002). GEORED. http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/casado/comienzo.html
- ◆ Klein, C. y Hurlbut, C.S. (1998). *Manual de mineralogía. Basado en la obra de Dana* 4ª edición, Ed. Reverté, S.A., Barcelona, 2 tomos, 679 pp.
- ◆ Mottana, A., Crespi, R. Liborio, G. (1989). *Guía de minerales y rocas*. Ed. Grijalbo, S.A., Barcelona, 605 pp.
- ◆ Museo Geominero. C/Ríos Rosas, 23, 28003 Madrid. <http://www.igme.es>
- ◆ Tarbuck, E.J. y Lutgens, F.K. (2001). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Prentice Hall, Madrid, 616 pp.
- ◆ Página web "Crista-Mine" de la UNED-UPM-IGE. <http://www.uned.es/cristamine/inicio.htm>

7

con la ayuda de lupa, imán, algo metálico para estimar durezas, etc. Junto a cada muestra, el alumnado también dispone de una ficha del mineral, con toda la información importante tanto de sus características físicas, como fórmula química, sistema cristalino o yacimientos principales en el mundo y en España, si los hay (Fig. 4). Con la presencia de la ficha se pretende un mayor aprovechamiento de las cuatro horas de prácticas, dado que no sólo tienen que identificar fases minerales, sino también reconocer las propiedades en cada una de ellas.

La adaptación pedagógica para el alumnado del título propio fue la siguiente:

Preparación para la experiencia inclusiva:

Fase 1: Adaptación curricular: Se prepara material gráfico y accesible para explicar las propiedades físicas de los minerales y cómo podemos observarlas. Se utilizan ejemplos de materiales, objetos o imágenes que les resulten familiares y de las que ya tengan una referencia, para relacionarlas con palabras que puedan resultar demasiado abstractas o desconocidas para el alumnado. Por ejemplo, buscando formas prismáticas en la clase para poder reconocer después este tipo de forma, o comparando el brillo céreo con superficies como la piel al ponerle una capa de aceite encima. Se descartan los conceptos que necesitarían una profundización a un nivel muy elevado, innecesario para el éxito de la actividad, y que pueden llevar a confusión entorpeciendo

el aprendizaje, como por ejemplo, el concepto de exfoliación.

Fase 2: Informar al alumnado:

- Entorno físico y social: Se establecen las normas de conducta y seguridad en un laboratorio al estar la práctica físicamente ubicada en uno. Se recalca la importancia de que no han cursado previamente conocimientos teóricos sobre minerales, frente al resto de alumnado que sí lo han hecho, por lo que su nivel de auto-exigencia debe ser menor durante las prácticas, marcándose objetivos sencillos y concretos.

- Base conceptual del aprendizaje: Se enseña el material gráfico de lectura fácil para la comprensión de las distintas propiedades físicas. Posteriormente se reparte el tutorial de prácticas proporcionado por el profesorado de la asignatura que se leerá en parejas. Se lleva a cabo una ronda de preguntas respecto al material.

Fase 3: Marcar nuevas formas de evaluación: Como objetivo grupal se pide que, por parejas, cada participante de la misma recuerde dos minerales y apunte tres propiedades físicas de cada uno. Se establece como premisa que se fijen sólo en las propiedades físicas que sean más fáciles de observar, y que el alumnado haya comprendido con claridad, pudiendo estos objetivos variar en función del deseo de retarse de cada cuál desde la propia percepción de sus capacidades.

Evaluación cualitativa.

Fase 2: Aclaración e integración de conocimientos: Se exponen los minerales que cada pareja ha elegido y se realiza una presentación en clase con la foto del mineral para que hagan la exposición de lo aprendido al resto del grupo.

Práctica de crecimiento de cristales (2018-19)

Con el objetivo de entender mejor los procesos de cristalización mineral, se ha realizado durante el curso 2018-19 una práctica de crecimiento de cristales. Este es el primer curso académico en el que se realiza esta práctica en la asignatura de Mineralogía. Se necesitan dos sesiones de una hora de duración separadas una semana, y el alumnado trabaja en grupos de cinco personas. Para llevar a cabo esta práctica se utiliza un kit de cristalización con fines educativos que comercializa Triana Science & Technology (2020), una empresa de biotecnología ubicada en Armilla (Granada) (Fig. 5). Siguiendo las instrucciones incluidas en el kit es muy sencillo obtener cristales de fosfato monoamónico en una primera fase de cristalización, y poder recrearlos en una segunda fase una semana después (Fig. 6). Jugando con distintas variables como el tipo de agua o colorante utilizado, se obtienen cristales con propiedades ligeramente diferentes. El alumnado, además de realizar todo el proceso, evalúa las hipótesis sobre la influencia de las distintas variables del sistema, comparándolas en los cristales obtenidos por los diferentes grupos de trabajo. En el curso 2018-19, esta actividad formaba parte de las actividades programadas en la guía docente de la asignatura.

La adaptación pedagógica es la siguiente:

Preparación para la experiencia inclusiva:

Minerales

Silicatos (Ciclo)

Turmalina

Composición: $(\text{Na,Ca})(\text{Li,Mg,Al})-(\text{Al,Fe,Mn})_3(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH})_4$
Sistema cristalino: Trigonal
Hábito: Cristales prismáticos alargados y estriados verticalmente. A menudo presentan sección transversal en forma triangular
Color: Según composición: negro (chorlo, Fe); marrón (dravita, Mg); azul, verde, amarillo, blanco (elbaíta, Li), rosa-rojo (rubelita, Li). De transparente a translúcida y opaca.
Brillo: Vítreo, resinoso en las zonas de fractura
Dureza: 7
Densidad: 3-3,25 g/cm³
Exfoliación y fractura: Fractura concoidea
Ambiente de formación: Volcánico, metamórfico, pegmatítico
Otras características: Piroeléctrica y piezoelectrica
Yacimientos: Isla de Elba (Brasil), Madagascar, Namibia. En España en la Sierra de Guadarrama
Usos: Fabricación de manómetros, pinzas polarizantes y las variedades coloreadas como gemas



Minerales

Óxidos

Corindón

Composición: Al_2O_3
Sistema cristalino: Trigonal
Hábito: Cristales prismáticos hexagonales (a veces en forma de barril) con estriaciones horizontales
Color: Rojo (rubí) a azul (zafiro)
Brillo: Adamantino a vítreo
Dureza: 9
Densidad: 4,0 g/cm³
Exfoliación y fractura: No exfolia. Fractura planoparalela a la base
Ambiente de formación: Ígneo pobre en sílice, metamórfico, sedimentario (placeres)
Yacimientos: Madagascar, Sudáfrica, Birmania, Sri Lanka. En Ronda (Málaga), Cabo de Gata (Almería), Cartagena (Murcia)
Usos: Gemología: la variedad roja es el Rubí, la variedad azul es el Zafiro. Instrumentación científica, relojería y como abrasivo



Fase 1: Adaptación curricular. No se realiza ninguna adaptación curricular del material entregado por el profesorado, ya que las instrucciones son sencillas. Se elaboran los conceptos clave para la comprensión en profundidad de la actividad. También se prepara un breve manual de seguridad en el laboratorio.

Fase 2: Informar al alumnado:

- Entorno físico y social: Esta actividad se realiza en grupos de cinco personas en los que el alumnado del título propio trabajará junto con el alumnado de grado. Se refuerza su rol y se empodera al sujeto para la participación activa y la cooperación con el resto de integrantes de su grupo.

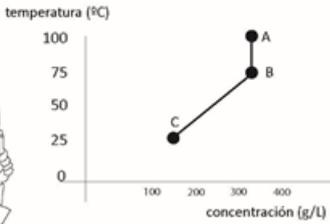
- Base conceptual del aprendizaje: Repaso de las instrucciones, indicando las etapas y los procesos que pueden resultar de más riesgo y en las que deben poner mayor atención. Se exponen los conceptos clave para recoger las dudas previas que puedan presentarse.

- Contexto emocional: Se trabaja con dinámicas de juego de roles, la escucha activa y la asertividad para el trabajo en equipo.

Fase 3: Marcar nuevas formas de evaluación: El objetivo grupal que se marca es que el alum-

Fig. 4. Fichas de ayuda para la práctica de reconocimiento de minerales: ciclosilicatos (turmalina) y óxidos (corindón).

Fig. 5. Manual de instrucciones del kit de cristalización de Triana Science & Technology con los 3 pasos: 1. Disolución de los cristales de fosfato monoamónico (ADP), 2. Enfriamiento lento, 3. ¿Más grande aún?

<p style="text-align: center;">Aprender a Crecer Cristales</p> <p style="text-align: center;">Un Experimento Educativo de Triana Science & Technology</p> <p style="text-align: center;">Lee atentamente todas las instrucciones antes de comenzar tus experimentos.</p>	<p>Los cristales son objetos fascinantes que nos rodean aunque muchas veces no nos demos cuenta de ello. Los delatan sus formas poliédricas y atractivas, los ángulos precisos que forman sus caras, a veces un brillo espectacular pero sobre todo sus propiedades físicas que hacen que los usemos continuamente en nuestra tecnología. Desde la sal común a los modernos láseres, desde el azúcar a los semiconductores y desde la arena de la playa a los fármacos que tomamos, los cristales están por todas partes. Muchos de ellos son microscópicos, pero algunos alcanzan metros de tamaño, como los famosos cristales gigantes de yeso. Cristales que, dependiendo de tu pericia en el laboratorio, podrán llegar a crecer varios centímetros de tamaño e incluso aún más. Los cristales que vas a crecer son de fosfato monoamónico (ADP), una sustancia soluble en agua. Y la técnica de crecimiento que vamos a usar es la técnica de enfriamiento. Se basa en que, como el azúcar, el ADP se disuelve mucho más en agua caliente que en agua fría.</p>												
<p>Instrucciones para desarrollar el experimento</p> <p>Prepara el material que vas a necesitar para hacer el experimento y el contenido del KIT.</p> <p>El Kit está compuesto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una bolsa con 325 g de Fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) Bolsa Nº 1 • Una bolsa con 75 grs de Fosfato monoamónico Bolsa Nº 2 • Un vaso de plástico • Una caja de poliestireno <p>Material necesario adicional:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una fuente de calor (por ejemplo una placa calentadora) • Un recipiente con un volumen mínimo de un litro (matraz, vaso de precipitado, olla, ...) • Medio litro (500 ml) de Agua • Un utensilio para agitar, preferentemente de vidrio • Material absorbente (papel, bayeta,...) • Material aislante para asir el recipiente (guantes, paño,...) • Un termómetro de laboratorio (optativo) 	<p style="text-align: center;">1</p> <p>Primer paso: Disolución de los Cristales ADP</p> <p>Lo primero que haremos es disolver en agua caliente el contenido de la bolsa que suministramos con el kit y que tiene la etiqueta Nº1. Para ello:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vierte el contenido de la bolsa (325 gr. de fosfato monoamónico) en el recipiente elegido. El recipiente (un matraz, un vaso de precipitado, una olla, ...) ha de tener un volumen mínimo de un litro. Añade medio litro (500 mL) de agua y pon el recipiente a calentar. • Agita con cuidado para que la sal se disuelva más rápidamente. • Evita colocar la cabeza directamente encima de la disolución. • Sigue calentando hasta llevar la disolución a ebullición 												
<p>Para hacer las cosas bien, vamos a trabajar como hacen los científicos. Dibujemos lo que se llama una gráfica de dos ejes, temperatura y concentración, que nos sirve para saber como está la disolución. Como habrás llegado a ebullición (100 °C) y la cantidad de ADP era de 325 gramos en medio litro (es decir 650 gramos en un litro), la disolución está en el punto A.</p>   <table border="1"> <caption>Datos del gráfico de temperatura vs concentración</caption> <thead> <tr> <th>Punto</th> <th>Concentración (g/L)</th> <th>Temperatura (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>325</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>325</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>162.5</td> <td>25</td> </tr> </tbody> </table>	Punto	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)	A	325	100	B	325	75	C	162.5	25	<p style="text-align: center;">2</p> <p>Segundo paso: Enfriamiento lento.</p> <p>Para cristalizar el ADP lo que hemos de hacer ahora es enfriar muy lentamente la disolución, por eso nuestro kit tiene un recipiente de poliestireno que mantiene el calor.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apaga la fuente de calor y deja enfriar la disolución durante cinco minutos para manipularla mejor. Ahora la disolución está en el punto B de nuestro gráfico. • Asegúrate de que el vaso de plástico está dentro de la caja de poliestireno. • Vierte la disolución en el vaso de plástico que está dentro de la caja de poliestireno. Hazlo con cuidado para no sufrir quemaduras. • Tapa el vaso de plástico y a continuación tapa la caja de poliestireno. Déjalo reposar a temperatura ambiente sin abrirlo. <p>En un par de días, cuando nuestra disolución esté a temperatura ambiente en el punto C del gráfico, se habrán formado grandes cristales. Retira la tapa de los vasos y TE ASOMBRARÁS.</p>
Punto	Concentración (g/L)	Temperatura (°C)											
A	325	100											
B	325	75											
C	162.5	25											

nado participe activamente en el desempeño de las acciones que se llevarán a cabo durante la actividad. Deberán, además, hacer fotos de los cristales resultantes, y apuntar dos características que diferencian sus cristales de los de otros grupos.

Evaluación cualitativa

Fase 2: Aclaración e integración de conocimientos: Se divide la clase en dos grupos, cada uno realiza un cómic con los pasos realizados para crecimiento de los cristales, integrando su experiencia de trabajo cooperativo en el aula inclusiva.

 <p>1. Vierte con cuidado</p> <p>2. Espera 48 horas</p>  <p>3. Alucina con los resultados!</p>	<p>¿Qué ha pasado?</p> <p>Lo que ocurrió es que cuando se enfría la disolución a una cierta temperatura ya no puede tener tanto ADP disuelto y expulsa en forma de sólido todo lo que le sobra. Al principio sólo un poco, pero después, a medida que baja la temperatura, más y más. Las moléculas de ADP empiezan a colocarse ordenadamente formando un cristal.</p> <p>Un cristal no es otra cosa que una estructura sólida muy ordenada, como la que se ve abajo, que va creciendo a medida que las moléculas se van añadiendo a él de forma ordenada, como en el juego del Tetris.</p> 
<p>Por eso, cuanto más lento es el enfriamiento más lentamente se colocan las moléculas y un cristal puede crecer más y mejor. Imagínate que hubiéramos enfriado muy rápido la disolución ¿qué hubiera pasado? (Puedes hacerlo poniendo el vaso de plástico fuera del de poliestireno). Que todo el exceso de ADP que le sobraba a la disolución se expulsa rápidamente por lo que las moléculas de ADP no hubieran tenido tiempo para ordenarse bien en un solo cristal y se habrían formado miles de cristales pequeñitos. Como lo hicimos lentamente se forman pocos, pero grandes.</p> 	<p>3</p> <p>Tercer paso: ¿MÁS GRANDE AÚN?</p> <p>El método que usan los cristalógrafos para crecer cristales aún más grandes es introducir en la disolución una semilla, es decir un cristal. Vamos a usar como semilla el cristal que ya has crecido.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sácalo con cuidado del vaso y colócalo sobre papel para no manchar la mesa. • Vierte el contenido líquido del vaso en el recipiente donde calentaste la disolución sin verter el polvo blanquecino que hay al fondo. • Tira el polvo blanquecino, que no es otra cosa que yeso, limpia el vaso, coloca el cristal dentro de él y coloca el vaso en el recipiente de poliestireno. • Añade el contenido de la bolsa etiquetada Nº2 y un cuarto de litro (250 ml) de agua al recipiente donde lo vas a calentar. Calientalo hasta ebullición. • Déjalo enfriar cinco minutos y viértelo en el vaso que contiene el cristal. Hazlo con cuidado para no sufrir quemaduras. • Tapa el vaso de plástico y a continuación tapa la caja de poliestireno.
<ul style="list-style-type: none"> • Déjalo reposar a temperatura ambiente sin abrirlo. • Déjalo varios días (por ejemplo, una semana). Destápalo entonces y disfruta con el resultado. 	<p>Seguro que querrás saber más y tendrás muchas preguntas. No te preocupes, en nuestra página web www.trianatech.com encontrarás la respuesta y si no la encuentras nos puedes preguntar. Seguro que te contestaremos. Allí podrás subir también tus videos y fotografías de los resultados que has conseguido. Y ver los que han subido otros estudiantes de otros colegios, incluso de otros países.</p> <p>Prueba también el kit didáctico de cristalización de proteínas.</p>  <p>Triana Science & Technology www.trianatech.com Edif. BIC. Avda. de la Innovación, 1 P.T. Ciencias de la Salud 18100 Armilla – Granada Telf. +34 958 750 583/ Fax. +34 958 750 584</p>

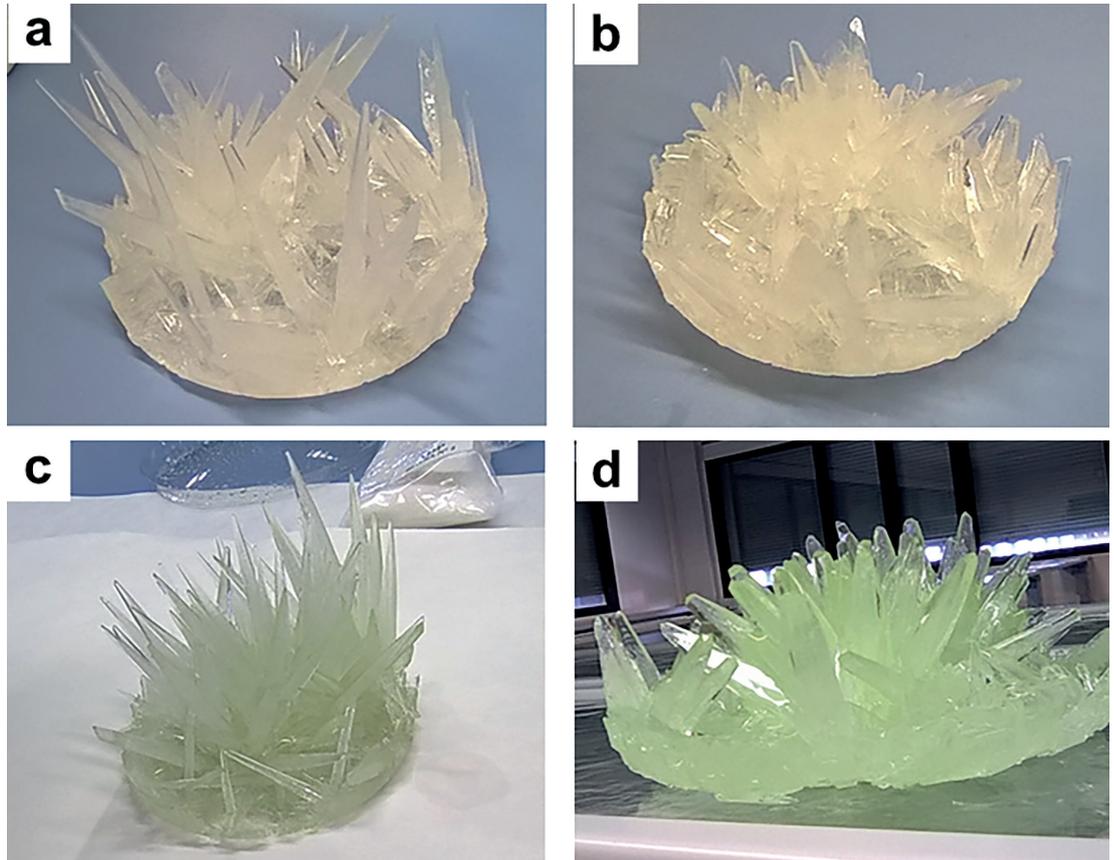
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados han sido satisfactorios en todos los colectivos que participan de estas actividades de la universidad inclusiva: profesorado, alumnado de grado y alumnado del título propio. Evidentemente,

cada grupo social lo ha experimentado de una forma diferente, y así se plasma en esta sección.

Atendiendo a las encuestas de valoración docente que se hicieron al profesorado universitario involucrado en este título propio, las opiniones fueron muy satisfactorias, no sólo del profesorado

Fig. 6. Cristales obtenidos en la práctica de cristalización: a) cristales transparentes sin colorante de la primera fase de crecimiento; b) cristales transparentes sin colorante de la segunda fase (recrecimiento); c) cristales verdes (colorante alimentario) de la primera fase; d) cristales verdes (colorante alimentario) de la segunda fase (recrecimiento).



que había tenido algún contacto con personas con discapacidad intelectual sino incluso de profesorado que no. En las encuestas se preguntó por la información previa que había recibido el profesorado, los conocimientos previos o contactos con personas con discapacidad intelectual, el aumento o no de la carga de trabajo, las medidas de adaptación tomadas, la forma de impartir las clases, la información de la experiencia a los alumnos del grado, o su actitud y nivel de implicación. La información que la Oficina Verde de la URJC nos hizo llegar previamente fue la adecuada, ayudándonos a encontrar las actividades que mejor pudieran encajar en el programa formativo planteado. En este sentido, la colaboración con el equipo del Centro de Formación para el Empleo de FUNDACIÓN JUAN XXIII RONCALLI también es clave para delimitar el alcance real de las actividades planteadas. En el caso concreto de esta asignatura, no fue necesaria ninguna adaptación de los contenidos por parte del profesorado. La única diferencia con el desarrollo normal de una práctica del grado fue la utilización de un vocabulario más accesible en algunos conceptos y procesos mineralógicos. Desde la visión docente, la percepción es que el ritmo normal de la clase no se ha visto ralentizado en ningún momento. Sí que algunas explicaciones se alargaron algo más de lo normal por las numerosas preguntas del alumnado del título propio. El interés mostrado fue grande, implicándose de una manera activa en el desarrollo de las prácticas en todo momento.

La opinión unánime de todo el profesorado de grado que participó en esta experiencia es que ha resultado altamente enriquecedora, que tiene via-

bilidad en el futuro, y que volverían a participar. De hecho, esta asignatura de Mineralogía se seleccionó el primer curso, y también el segundo, ya bajo la forma de título propio.

Respecto al alumnado de grado, conviene comenzar diciendo que se les anunció unas semanas antes la presencia del alumnado del título propio. Los primeros recibieron de muy buen grado el compartir actividades de la asignatura con personas con discapacidad intelectual, no únicamente en la misma aula, sino en grupos formados por alumnado de ambos grupos. De hecho, la práctica de crecimiento de cristales se llevó a cabo en grupos de 5 o 6 alumnos de grado y del título propio mezclados. Y la experiencia fue, en primer lugar sorprendente, pero muy enriquecedora. No fue posible la realización de encuestas a todo el alumnado que participó en estas actividades de Universidad Inclusiva por problemas de planificación y sobrecarga de trabajo del alumnado en el final de curso. Hay que remarcar que la mayoría había tenido contacto previo con personas con discapacidad intelectual, incluso alumnado del grado, dado que la URJC facilita su inclusión en los propios grados con la ayuda de una Unidad de Atención a la Discapacidad. Más de la mitad de los alumnos de grado encuestados reconocen haber mantenido conversaciones con el alumnado del título propio, y también más de la mitad tildan la experiencia de enriquecedora. También se ofrecieron a participar en un programa de mentores, caso de implantarse, y demandaban más información sobre las personas con discapacidad intelectual. De hecho, echaron en falta una presentación personalizada de sus nuevos compa-

ñeros y compañeras, quienes también respondieron afirmativamente a la repetición de estas actividades en el futuro, incrementando el número de asignaturas implicadas en las mismas.

Para las personas con discapacidad intelectual, de forma general, la experiencia se evaluó de forma positiva en cuanto a bienestar, sensación de inclusión y motivación por participar en futuras actividades. En referencia al grado de conocimientos adquiridos en las mismas los resultados se basan en lo percibido por la docente de apoyo, ya que las evaluaciones se realizaron de forma cualitativa, y centrándose no sólo en el aprendizaje curricular sino en su percepción psicológica y emocional. Resulta importante no separar estos dos ámbitos, ya que se observa una mayor facilidad para referirse a lo académico cuando tienen en cuenta su propia valoración de bienestar o malestar con la experiencia.

La primera actividad realizada en el curso 2017-2018 fue la práctica de campo. Esta actividad no se repite el curso siguiente, dado que en la evaluación posterior se detecta una comprensión menor de los conocimientos explicados de la necesaria para el aprovechamiento de la práctica de campo. Y se reconoce también una menor sensación de inclusión del alumnado con discapacidad intelectual, en comparación con otras actividades realizadas por el mismo alumnado. Lo primero se atribuye al grado de complejidad de las explicaciones, y la necesidad de una base de competencias en la materia de mineralogía muy por encima de las posibilidades del alumnado del título propio desde los estudios que ya han cursado. En este aspecto académico, por tanto, resulta de poca utilidad para su aprendizaje. En relación al grado de inclusión y bienestar, el alumnado encontró pocos espacios para interactuar.

A excepción de la actividad mencionada, se detecta un grado de interés creciente por la asignatura de Mineralogía, fruto tanto del éxito de la convivencia con el alumnado de grado como de la sensibilidad del profesorado implicado, a la hora de impartir con ligeras modificaciones de ritmo y lenguaje. Sin duda, las actividades vivenciadas en grupos mixtos de alumnado de grado y alumnado del título propio fueron las que se evaluaron más positivamente, y de las que se observa un mayor grado de atención en el aprendizaje. Estas actividades permitían al alumnado poner en práctica competencias de carácter transversal que se trabajaban de forma continua durante el desarrollo del curso: competencias lingüísticas y de comunicación, la capacidad de trabajo en equipo, la capacidad de tomar decisiones y la empatía entre otras.

Teniendo en cuenta el contenido y desarrollo de estas prácticas de grado universitario, la extrapolación de las mismas a otros niveles educativos tiene limitaciones, aunque salvables. Quizás la más importante es la elección adecuada de las asignaturas, no sólo por los contenidos curriculares, sino también por el compromiso de los docentes, tanto los universitarios como de los de las personas con discapacidad. En relación con el tipo de actividades desarrolladas, hemos concluido que la práctica de campo, en una asignatura como Mineralogía, no es

la más adecuada para una inclusión con personas con discapacidad intelectual. Hay experiencias de inclusión en actividades de prácticas de campo con buenos resultados, si bien se trataba de reconocimiento de algunas rocas y con una intensa preparación previa (García-Frank et al., 2014). Las prácticas de reconocimiento de minerales sí que se pueden implementar en niveles de bachillerato, la única limitación sería tener una colección de muestras lo suficientemente buena como para que las personas con discapacidad puedan apreciar adecuadamente las propiedades físicas de los minerales. Y la actividad que, claramente es extrapolable a niveles de educación secundaria es la de crecimiento cristalino. De hecho, se hace en numerosos IES con alumnado de secundaria, y no debería suponer ninguna limitación incluir en las mismas a personas con este tipo de discapacidad intelectual.

CONCLUSIONES

Fruto de un acuerdo de FUNDACIÓN JUAN XXIII RONCALLI y la URJC surge la realización de un título propio de “Especialista en soluciones verdes urbanas” en un modelo inclusivo e innovador de aprendizaje. Con el objetivo de mejorar su empleabilidad, personas con discapacidad intelectual han realizado una serie de actividades de diferentes grados universitarios impartidos en la Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología de la URJC. En este caso, realizaron tres actividades prácticas de la asignatura de Mineralogía, de 2º curso del grado de Ciencias Experimentales: una práctica de campo, prácticas de identificación de minerales, y una práctica de crecimiento de cristales. La selección previa de las actividades que forman parte del título propio fue realizada por profesionales del Centro de Formación para el Empleo y la Oficina Verde de la URJC. Desde el primero también se realizaron diversas adaptaciones pedagógicas previas para conseguir el máximo aprovechamiento de las mismas en su finalidad de formación para el empleo. Estas adaptaciones se realizan con el objetivo de prevenir posibles estados de frustración a nivel académico y emocional, compensar los conocimientos previos que poseían estudiantes de grado, pero de los que carecía en el momento el alumnado del título propio, y garantizar el mayor grado de bienestar ante el desafío de un nuevo entorno. Es importante reseñar el apoyo del equipo de psicología y equipos de coordinación de ambas instituciones.

El proyecto diseñado y realizado ha aportado unos resultados muy satisfactorios. Tanto la metodología empleada, como el desarrollo y la evaluación posterior han puesto de manifiesto la satisfactoria adaptación de un título propio al ámbito docente universitario. Y la mejora de la calidad docente, con numerosas ventajas y algunas limitaciones, aunque salvables.

Todos los colectivos participantes en esta experiencia de universidad inclusiva (profesorado y alumnado) han mostrado su satisfacción por su participación, demandando la continuidad de la misma. Resulta una actividad altamente gratificante y enriquecedora para quienes participan. Tanto la

práctica de reconocimiento de minerales como la de crecimiento cristalino son perfectamente extrapolables a niveles de educación secundaria, con ciertas limitaciones.

El siguiente paso sería afinar la selección de asignaturas y, especialmente de actividades, para que cumplan los criterios de formación de calidad para el empleo y la inclusión. Eligiendo actividades cuyos conceptos sean de carácter funcional para su futuro empleo, y que impliquen la mayor participación e interacción posible del alumnado del título propio con el entorno universitario. Igualmente es importante atender a la adaptación de los materiales de manera flexible haciendo uso de metodologías innovadoras y creativas, que permitan incluir las diversas formas de aprendizaje que requiera el alumnado.

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría dar las gracias a todo el equipo de la Oficina Verde de la URJC, en especial a la coordinadora Consuelo Iriarte, sin cuya ayuda no hubiera sido posible realizar este trabajo. También nos gustaría agradecer a la profesora de la URJC María Najarro, por su apoyo en la realización de las actividades. Y también, muchas gracias a las personas de FUNDACIÓN JUAN XXII RONCALLI cuya implicación en el proyecto ha sido muy importante: M^a del Carmen Gómez Parra, Rocío Alonso Vallín, Moisés Redondo Barriga, Gerardo Álvarez Aparicio y M^a del Carmen Fernández Moyano. Por último, queremos agradecer a los dos revisores anónimos y a la editora, Alejandra García Frank, sus comentarios y sugerencias, que han mejorado sustancialmente el manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- ACNUDH (2020). Declaración Universal de los Derechos Humanos, Nueva York, EEUU. Recuperado de https://www.ohchr.org/EN/UDHR/Documents/UDHR_Translations/spn.pdf
- Blanco, R. (1999). Hacia una escuela para todos y con todos. *Boletín, 48 Proyecto principal de Educación, UNESCO*, 55-72.
- BOE (2008). INSTRUMENTO de Ratificación de la Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad, hecho en Nueva York el 13 de diciembre de 2006. Madrid, España. Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2008/04/21/pdfs/A20648-20659.pdf>
- Borland, J., James, S. (1999). The learning experience of students with disabilities in higher education. A case study of a UK university. *Disability & Society*, 14(1), 85-101.
- Cerrillo, R., Izuzquiza, D., Egido, I. (2013). Inclusión de jóvenes con discapacidad intelectual en la universidad. *Revista de Investigación en Educación*, 11(1), 41-57.
- De Miguel, S., Cerrillo, R. (2010). Formación para la inclusión laboral de personas con discapacidad intelectual. Madrid, Ed. Pirámide.
- Fesharaki, O., García-Frank, A., Iglesias Álvarez, N., Gomez-Heras, M., Martín-Perea, D., Rico, R. (2016). Diseño universal y materiales multisensoriales en las actividades

de divulgación de Geodivulgar con la asociación Ciencia sin Barreras. *Geo-Temas*, 16(1), 729-732.

Fundación Universia. (2018). Universidad y discapacidad. IV Estudio sobre el grado de inclusión del sistema universitario español respecto de la realidad de la discapacidad. Recuperado de <https://www.fundacionuniversia.net/wpcontent/uploads/2019/05/>

IVEstudio_UniversidadyDiscapacidad_ACC.pdf.

García-Frank, A., Pérez Barroso, R., Espín Forjan, B., Benito Manjón, P., Pablo Gutiérrez, L de, Gómez-Heras, M., Sarmiento, G.N., Canales Fernández, M.L.; González Acebrón, L., Muñoz García, M.B., García Hernández, R., I Hontecillas, D., Ureta Gil, M.S. y Moral, B. del (2014). Divulgación de la Geología: nuevas estrategias educativas para alumnos con necesidades educativas especiales por discapacidad intelectual. En: *El CSIC en la escuela: investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula* 10, 56-67.

Herrero Domínguez, S., Perles Hernáez, J., López Pérez, Ana María, Jiménez de la Hoz, María del Carmen, Fernández Rodríguez, Juan Miguel, Gibaja Jiménez, Mariano, Alonso Martínez, Ana. (2017). ConCiencia inclusiva: talleres experimentales de crecimiento de cristales como herramienta pedagógica inclusiva. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. Aula, Museos y Colecciones*, 4, 5-13.

Martínez Santana, N.C., Rodríguez Zarate, J.C. (2015). Tendencias conceptuales y metodológicas de la producción investigativa revisada entre 2004 y 2014 en lo relativo a la relación entre rendimiento académico y las emociones en estudiantes universitarios: estado de la cuestión. Trabajo de grado pregrado. Facultad de psicología, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 47

Moreno-Rodríguez, R, Felgueras Custodio, N., Díaz Vega, M. (2019). Planteamiento y Desarrollo de un Itinerario Formativo Universitario Dirigido a Personas con Discapacidad Intelectual: Estructura y Resultados de su Implantación. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 2019, 8, 177-197.

Muñiz, F., Romero, A., Martínez, R., Durán, M.V., Narváez, M.J., Lozano, O., Miras, A., Martín, M. (2018). Mineralogía con tacto. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 26.3, 366-374.

Muñoz-García, M.B., González-Acebrón, L., García-Frank, A., Pérez Barroso, R., Espín Forjan, B., Benito Manjón, P., de Pablo Gutiérrez, L., Gómez-Heras, M., Canales Fernández, M.L., Sarmiento Chiesa, G.N., Ureta Gil, S., del Moral González, B. (2015). Evaluación del aprendizaje significativo del concepto "Tiempo Geológico" en estudiantes con necesidades educativas especiales por discapacidad intelectual. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.2, 220-231.

Riddell, S., Tinklin, T. y Wilson, A. (2005). New Labour, social justice and disabled students in higher education. *British Educational Research Journal*, 31(5), 623-643.

Ryan, J., Struths, J. (2004). University education for all? Barriers to full inclusion of students with disabilities in Australian universities. *International Journal of Inclusive Education*, 8(1), 73-90.

Triana Science & Technology (2020). Cómo hacer tu propio cristal gigante. http://www.trianatech.com/index.php?option=com_content&view=article&id=125&Itemid=110&lang=es

Verdugo Alonso, M.A. (1998). *Personas con discapacidad. Perspectivas psicopedagógicas y rehabilitadoras*. Madrid. Siglo XXI de España Editores, S.A, 1437 pp ■

Este artículo fue recibido el día 22 de mayo de 2020 y aceptado definitivamente para su publicación el 12 de octubre de 2020.