

Importancia del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA): Caso de estudio en la enseñanza de las ciencias de la Tierra

Importance of Universal Design for Learning (UDL): Case study in Earth science teaching

ALEJANDRA GARCÍA-FRANK¹, OMID FESHARAKI¹, NÚRIA IGLESIAS ÁLVAREZ¹,
SANTIAGO HERRERO DOMÍNGUEZ², PILAR FAJARDO PORTERA³, ANA BELÉN
HERVELLA MACÍA³, VÍCTOR DE FRANCISCO FERNÁNDEZ³, VÍCTOR GARCÍA HIJÓN³
Y BIENVENIDA SÁNCHEZ ALBA³

¹ Departamento de Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid (UCM). Email: agfrank@ucm.es *, omidfesh@ucm.es, nuriaglesias@ucm.es

² Departamento de Química Inorgánica, Facultad de Ciencias Químicas, UCM. Email: sherrero@ucm.es

³ STUNIN, Facultad Educación, UCM. Email: pilar.fajardo@hotmail.com, anukab2@gmail.com, videfran@ucm.es, victorghijon@gmail.com, bsalba@edu.ucm.es

Resumen Las acciones basadas en el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) son ideales para desarrollar vías de trabajo transversales entre distintas disciplinas científicas y están integradas dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 4, 10 y 11) de la Agenda 2030. Este enfoque es el que proponemos parte del profesorado de las Facultades de Ciencias Geológicas (Proyecto de Innovación Geodivulgar) y Ciencias Químicas (Proyecto de Innovación I.amAble) y de la Facultad de Educación (UCM) en relación con la formación científica de los 15 estudiantes del curso de Formación Continua de la UCM para jóvenes con discapacidad intelectual STUNIN, financiado por la ONCE y el Fondo Social Europeo. Las experiencias durante los cursos 2017-18 y 2018-19 relacionadas con las ciencias de la Tierra ampliaron sus conocimientos sobre geología y biominerales. Aquí se presentan varias metodologías de trabajo en ciencias de la Tierra que son exportables a otros contextos y niveles educativos bajo la óptica del DUA.

Palabras clave: Ciencia accesible, diseño universal para el aprendizaje, diversidad, educación inclusiva, planificación didáctica.

Abstract *Actions based on the Universal Design for Learning (UDL) are perfect for developing transversal work paths among scientific disciplines and can be effortlessly integrated into the Sustainable Development Goal (SDG4) of the 2030 Agenda. This approach is proposed by some professors from the Complutense University of Madrid (UCM), from the Faculties of Geological Sciences (Geodivulgar Innovation Project), Chemical Sciences (I.amAble Innovation Project) and Education, in relation to the scientific training of 15 students of the UCM continuous training course for young people with intellectual disabilities STUNIN, financed by ONCE and the European Social Fund. The experiences during the 2017-18 and 2018-19 academic courses related to Earth Sciences expanded their knowledge of geology and biominerals. This article presents various work methodologies in Earth sciences that are exportable to other contexts and educational levels under the UDL perspective.*

Keywords: *Accessible science, didactic planning, diversity, inclusive education, universal design for learning.*

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El diseño de actividades para enseñar conceptos de geología a un público variado se tiene muy en cuenta en las acciones de enseñanza no formal e informal desarrolladas en el proyecto Geodivul-

gar¹ (Fesharaki *et al.*, 2016; Sánchez-Fontela *et al.*, 2019). Con este proyecto de Innovación Docente de la Universidad Complutense de Madrid (UCM), ini-

¹ <https://www.ucm.es/geodivulgar/>

ciado en 2013, se ha tratado de acercar la geología a diferente público en varios contextos que se detallarán más adelante. Otro proyecto de innovación docente complutense paralelo y complementario es I.amAble², que propone experimentos prácticos de ciencias para realizarlos en centros educativos no universitarios con personas con diversidad funcional desde una perspectiva inclusiva. Este enfoque, que *a priori* se hacía para incluir a personas con diversidad funcional, es también muy útil como refuerzo en la enseñanza formal de las ciencias naturales (Fernández Cézar *et al.*, 2019).

En este trabajo se presentan los principios y pautas de aprendizaje que hay que aplicar en diversas situaciones docentes de la geología bajo la óptica del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA).

En su inicio, el concepto de Diseño Universal (DU) fue una propuesta del arquitecto estadounidense de la Universidad de Carolina del Norte, John Mace, que con su equipo creó los principios de una arquitectura para ser usada por todas las personas sin importar sus características (Mace *et al.*, 1996). La clave de su apuesta es pensar desde el principio en las adaptaciones que hay que hacer antes de acometer la obra para que accedan el mayor número de usuarios (dónde ubicar rampas, que los bordillos no sean insalvables, etc.). Las soluciones propuestas permiten una gran flexibilidad y diversas formas de uso. Este punto de vista es muy fructífero tanto en la arquitectura como en otros ámbitos y beneficia a muchos usuarios (por ejemplo, las adaptaciones tecnológicas de lectura en voz alta de textos, pensadas inicialmente para personas con discapacidad visual, han sido introducidas en los teléfonos móviles de uso general como asistentes virtuales; o los subtítulos en vídeos, ideados para personas sordas, asisten a estudiantes que están aprendiendo otro idioma). Cuando se lleva este concepto a la educación, el DU permite abarcar una gran diversidad de circunstancias individuales, entre ellas sus diferentes capacidades, sus preferencias para el aprendizaje, los intereses y motivaciones propias, las diferencias culturales y de lenguaje, los niveles socioeconómicos, las variadas identidades sexuales o estructuras familiares presentes en los contextos educativos (Alba-Pastor, 2019).

El DUA surge como disciplina en Estados Unidos en la década de los años ochenta del siglo XX, cuando un equipo de psicopedagogos dedicado a la realización de diagnósticos pedagógicos y adaptaciones curriculares constató la necesidad de hacer currículos que tuviesen en cuenta a todo el estudiantado, no solo a la media, buscando soluciones educativas para que tuviesen cabida todos los sujetos (Meyer *et al.*, 2014).

El DUA hace partícipes a todos los miembros de la comunidad educativa, ya que desde el inicio de la planificación docente considera la diversidad y facilita al profesorado un marco de enriquecimiento y flexibilidad reduciendo posibles barreras y buscando que todo el alumnado tenga posibilidades de aprender (Alba-Pastor, 2019).

² <http://iamable.ucm.es/iamable/>

El DUA tiene un gran potencial si atendemos a la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible (UNESCO, 2015) adoptada el 21 de septiembre 2015 en la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU). Dentro de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos, destaca el ODS 4: *Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos*, que es más fácilmente alcanzable bajo el prisma del DUA y los ODS 10, *Reducir la desigualdad en y entre los países*, y 11, *Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles*. García-Frank *et al.* (2016a) mencionan que ligadas a las metodologías de transmisión de conocimiento geológico, la educación no formal (ENF) constituye un método muy importante y eficaz de llegar a la ciudadanía, y destacan el importante aporte que supone la divulgación científica inclusiva a este punto mediante las técnicas de DUA.

La definición de ENF de la UNESCO se refiere a *toda actividad organizada y duradera que no se sitúa exactamente en el marco de los sistemas educativos formales integrados por las escuelas primarias, los centros de enseñanza secundaria, las universidades y otras instituciones educativas formalmente establecidas*.

Para lograr una divulgación realmente inclusiva García-Frank *et al.* (2019) proponen utilizar en cualquier tipo de contexto un enfoque inclusivo gradual, en vez de integrador (Fig. 1). En el modelo integrador los participantes permanecen en grupos según sus capacidades, mientras que en el inclusivo cooperan todos los participantes, independientemente de éstas. Una adecuada planificación y secuenciación de talleres y actividades, el uso de materiales didácticos multisensoriales y la eliminación de complejidades innecesarias para explicar conceptos respetando siempre el rigor científico, constituyen prácticas basadas en el DUA para conseguir un aprendizaje efectivo (Fesharaki *et al.*, 2016; Iglesias *et al.*, 2017).

Existen antecedentes en el campo de las ciencias de cómo hacer adaptaciones aplicadas a talleres de crecimientos de cristales (Herrero *et al.*, 2017), de identificación de minerales y sus usos cotidianos (Fesharaki *et al.* 2018) o su percepción háptica (López-Acevedo *et al.*, 2018; Muñiz *et al.*, 2018); talleres y salidas de campo relacionados con las ciencias planetarias (Gálvez *et al.*, 2017; García-Frank *et al.*, 2018), la paleontología (Iglesias Álvarez *et al.*, 2015; García-Frank *et al.*, 2016b) o el agua y la geología mediante una cata de aguas (García-Frank y Fesharaki, 2017). Otros ejemplos geológicos mixtos de la utilidad del aprendizaje basado en el DU son las reconstrucciones paleogeográficas por medio de los fósiles y su relación con faunas marinas y terrestres, así como la tectónica de placas y deriva continental que aparecen en Sánchez-Fontela *et al.* (2019), o las propuestas didácticas geológicas adaptadas en museos (Rodrigo, 2016).

Este trabajo trata de resaltar algunas posibles claves de diseño curricular para hacerlo más inclusivo y aprovechable en los distintos contextos educativos de las ciencias de la Tierra. Se muestra la aplicación del DUA a unos casos concretos de enseñanza formal ligada a las ciencias Naturales (Curso Formación Continua STUNIN; ver tabla I y figuras

2-6), destacando la estructuración y las propuestas didácticas realizadas. Se pretende conectar estas propuestas con acciones ligadas a la geología para la práctica docente general en cualquier contexto educativo formal.

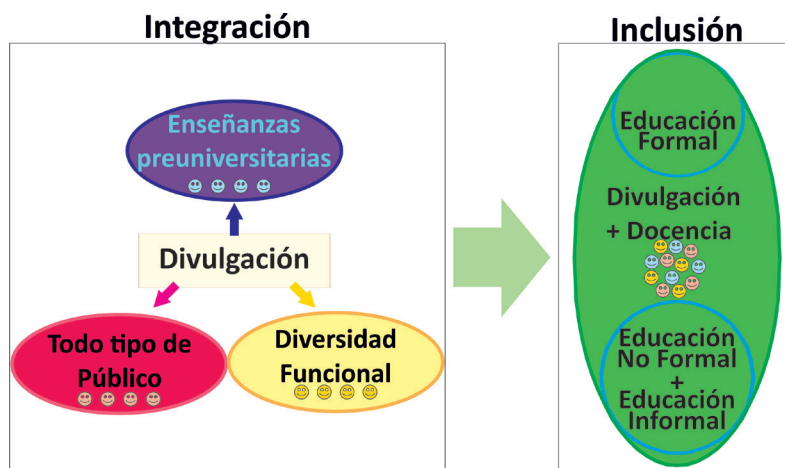
METODOLOGÍA DUA APLICADA A LA GEOLOGÍA

Los diferentes principios y pautas del modelo DUA para proporcionar estrategias de aprendizaje inclusivas han sido ampliamente documentados con investigaciones desde diversos puntos de vista, incluyendo enfoques y modelos didácticos basados en los avances de la neurociencia y del diagnóstico por imagen, teorías del aprendizaje, resultados de prácticas y de investigación educativas y las aportaciones de las tecnologías (Alba-Pastor, 2019). El referente mundial es el *Centre for Assistive Special Technologies* (CAST) de Massachusetts (EE.UU.). Su última versión de pautas y principios de DUA está disponible en CAST (2018). En España, EducaDUA³ está dedicada a la investigación, formación y difusión de esta metodología en español. Una versión actualizada es la propuesta por Alba-Pastor (2019).

Atendiendo a estos estudios, hay tres principios básicos para orientar la práctica educativa bajo el enfoque inclusivo: proporcionar múltiples formas de (1) implicación, (2) representación y (3) acción y expresión, cada uno de ellos con una serie de pautas asociadas. Dentro de cada pauta hay puntos de verificación con propuestas didácticas concretas. Las pautas ligadas a la implicación tienen que ver con estrategias para captar el interés, la persistencia y la autorregulación del estudiantado. Para la representación hay que proporcionar opciones ligadas a la percepción, el lenguaje (incluyendo expresiones matemáticas y símbolos) y la comprensión. Por último, las formas de acción y expresión están reguladas por las acciones físicas, la comunicación-expresión y las funciones ejecutivas.

Otro aspecto interesante es la capacidad de categorizar los aprendizajes alcanzados. Hay diversos modelos, algunos muy conocidos, como la taxonomía de Bloom y sus posteriores modificaciones. El modelo de Bloom (1956) surge cuando una corriente psicológica estadounidense encabezada por la escuela de Chicago busca una manera de identificar y evaluar los aprendizajes, ya que no todas las acciones cognitivas tienen igual complejidad (hay diferencias entre recordar, analizar o valorar la información). Este modelo jerarquiza los objetivos educativos que se pretenden alcanzar en cada curso en tres ámbitos distintos: cognitivo, afectivo y psicomotor. Posteriormente, Anderson y Krathwohl (2001) y Churches (2009) revisan y modifican y hacen actualizaciones a la era digital, respectivamente. El Gobierno de Canarias, pone a disposición en su web una herramienta basada en la taxonomía de Bloom (Méndez Oramas, 2015). Ésta permite categorizar los aprendizajes, mostrando una breve explicación de cada nivel, con distintas palabras claves, acciones y resultados para esas acciones, así como

³ <http://www.educadua.es/>



preguntas clave que hacen ejercitar cada nivel de aprendizaje, lo que Herrero Domínguez (2017) denomina el modelo cebolla. Todo esto es muy relevante a la hora de diseñar currículos basados en la diversidad, pues no todo el alumnado va a llegar a todos los niveles por igual.

Curso de Formación Continua STUNIN

STUNIN fue el primer curso universitario (Diploma Universitario de Formación Continua) de dos años de duración de la Facultad de Educación de la UCM dirigido a jóvenes con discapacidad intelectual límite. Se realizó en los cursos 2017-18 y 2018-19 con 15 estudiantes y perseguía el desarrollo de competencias personales y profesionales para la inserción laboral. Contó con el apoyo de la Delegación del Rector para la Formación Permanente, Prácticas Externas y Empleabilidad y la financiación de Fundación ONCE y el Fondo Social Europeo. También colaboraron ADISLI (Asociación para la Atención de Personas con Discapacidad Intelectual Ligera e Inteligencia Límite) y APAMA (Asociación de Padres de Personas con Discapacidad Intelectual de Alcobendas). El profesorado de la titulación era interdisciplinar y abarcaba diversas ramas del conocimiento (psicología, pedagogía, educación especial y atención a la diversidad, comunicación audiovisual, tecnología de la información y comunicación, química y geología).

En este trabajo se contempla la parte ligada a la educación formal del módulo *Conocimiento Científico* desarrollado, durante los dos cursos mencionados anteriormente, bajo la óptica del DUA y con profesorado de los proyectos Geodivulgar e I.amAble.

Secuenciación de las actuaciones

En este diploma universitario se persigue que el estudiantado adquiera competencias de autonomía, además de la adquisición de conocimientos científicos. Todas las titulaciones UCM tienen detallada la adquisición de los mínimos establecidos por el RD 1393/2007 (BOE, 2007). En este módulo además de las competencias específicas y genéricas para adquirir conocimientos científicos, se trabajaron otras competencias de carácter sistémico como la comunicación interpersonal, el desarrollo de las capacidades de autonomía, o las que permite adaptarse a nuevas situaciones, así como de la

Fig. 1. Paso de modelo integrador a uno inclusivo (modificado de García-Frank et al., 2019).

Tabla I. Listado de competencias transversales, genéricas y específicas que se trabajaron en el Módulo “Conocimiento Científico” del Diploma universitario de formación continua STUNIN.

COMPETENCIAS DEL MÓDULO “CONOCIMIENTO CIENTÍFICO” DIPLOMA UNIVERSITARIO STUNIN (UCM)		
TRANSVERSALES	GENÉRICAS	ESPECÍFICAS
CT1. Adquirir capacidad de análisis y síntesis	CG3. Aplicar conocimientos para abordar y resolver problemas geológicos usuales o desconocidos.	CE1. Aplicar los principios básicos de la Física, la Química, las Matemáticas y la Biología al conocimiento de la Tierra y a la comprensión de los procesos geológicos.
CT2. Demostrar razonamiento crítico y autocrítico	CG6. Desarrollar las destrezas necesarias para ser autónomo y para el aprendizaje continuo a lo largo de toda la vida: autodisciplina, autodirección, trabajo independiente, gestión del tiempo y destrezas de organización.	CE6. Reconocer los minerales, las rocas y sus asociaciones, los procesos que las generan y su dimensión temporal.
CT3. Adquirir capacidad de organización, planificación y ejecución	CG8. Desarrollar un método de estudio y trabajo adaptable y flexible.	CE7. Conocer las técnicas para identificar fósiles y saber usarlos en la interpretación y datación de los medios sedimentarios antiguos.
CT4. Adquirir la capacidad de comunicarse de forma oral y escrita en la lengua castellana.	CG10. Utilizar Internet de manera crítica como herramienta de comunicación y fuente de información.	CE12. Aplicar los conocimientos geológicos a la demanda social de recursos geológicos para explorar, evaluar, extraer y gestionar dichos recursos conforme a un desarrollo sostenible.
CT5. Adquirir capacidad de gestión de la información	CG11. Comprender y utilizar diversas fuentes de información (textuales, numéricas, verbales, gráficas).	
CT8. Adquirir la capacidad de trabajo autónomo o en equipo	CG12. Transmitir adecuadamente la información geológica de forma escrita, verbal y gráfica para diversos tipos de audiencias.	
CT9. Adquirir habilidades en las relaciones interpersonales		
CT10. Adquirir capacidad para el aprendizaje autónomo		
CT11. Adquirir la capacidad para adaptarse a nuevas situaciones		
CT12. Demostrar creatividad e iniciativa y espíritu emprendedor		
CT13. Demostrar motivación por la calidad en el desarrollo de sus actividades		
CT14. Adquirir sensibilidad hacia temas medioambientales		

competencia lingüística (expresión oral, expresión escrita e interacción oral). La tabla I muestra las competencias que se perseguían en este módulo del título.

Por ello, durante el primer año, se realizaron acciones integradoras con el fin de que el alumnado descubriera la variedad de situaciones cotidianas en las que aspectos relacionados con las ciencias de la Tierra formaban parte de su vida diaria. A partir del segundo curso, las acciones fueron totalmente inclusivas.

Primer curso

Las acciones del primer año ligadas al conocimiento científico pueden resumirse en la participación individual en varios talleres divulgativos ofertados en las Facultades de Ciencias Geológicas (Fig. 2A, B y D), de Educación (Fig. 2C y F) y de Ciencias Químicas (Fig. 2E).

Durante el primer semestre se realizaron los talleres geológicos (mineralogía, paleontología y materiales geológicos) y al principio del segundo semestre, se trasladaron a un laboratorio del Departamento de Química Inorgánica (Facultad de Ciencias Químicas) para realizar el taller *¿De qué estamos hechos?* (Fig. 2E). Dicho taller se llevó a cabo en las mismas condiciones en las que el alumnado de esa facultad realiza sus prácticas. En este taller pudieron relacionar los contenidos de los talleres del primer cuatrimestre con la vida microscópica presente en una gota de agua y, sobre todo, con los biominerales, como los huesos de sepia, o las cáscaras de huevo, y su similitud química con el aragonito o el mármol, puesta de manifiesto al reaccionar con el ácido del vinagre; y se hizo hincapié en el equipamiento individual básico de seguridad (batas, gafas y guantes), un aspecto que, quizá por su carácter eminentemen-

te práctico, resulta mucho más fácil de asimilar por personas con diversidad cognitiva. Por último, en el segundo semestre se realizaron trabajos grupales semanales de búsqueda de información sobre mitos y ciencia (Fig. 2F) que culminarían con una presentación oral en clase apoyada en diapositivas.

El curso académico terminó con una ceremonia en la que se resumieron todas las acciones del profesorado UCM y STUNIN.

Segundo curso

Se incidió en conseguir un progreso de aprendizaje sobre estos mismos temas, con el fin de afianzar los conocimientos adquiridos el curso anterior y tratar que el estudiantado fuera capaz de usar distintos tipos de lenguaje adaptándose al tipo de público al que se dirige. Para ello, en el primer semestre, se les formó durante varias sesiones (Fig. 3) para actuar como monitores de talleres en la Semana de la Ciencia y la Innovación de Madrid 2018, equivalentes a aquellos en los que habían participado como estudiantes el curso anterior.

En primer lugar, se concertó una reunión en la Facultad de Educación para repartir al estudiantado en tres grupos, de acuerdo con la afinidad que tuvieran por los temas, asignando a cada grupo un profesor específico de STUNIN y otro de la Facultad de Geológicas para el seguimiento de la acción (Fig. 3A). Después, se trabajó independientemente con cada grupo: se recordó en qué había consistido el taller específico y se repartieron roles para realizar las actividades concretas, se les explicó que formarían parte de un equipo en el que habría otros profesores y estudiantes realizando el taller y que estaba dirigido a estudiantado de enseñanzas medias. Se trabajó la información a explicar mediante documentos escritos destacando los



Fig. 4. Estudiantado de STUNIN como monitores en los talleres de la XVIII Semana de la Ciencia y la Innovación de Madrid. Taller de paleontología ¿Qué nos cuentan los Fósiles?: A: vista general del taller; B: detalle de la explicación de cómo se realiza una excavación. Taller ¿A qué sabe la geología?: C: explicaciones de varios tipos de aguas minerales de la península; D: cata de aguas. Taller Reconociendo minerales y sus aplicaciones en la vida cotidiana. E: explicación sobre biominerales; y F: preparación de una disolución.



principales puntos a tratar en la actividad, se hicieron resúmenes escritos y se prepararon gráficas y tablas de apoyo para que se sirvieran de ellos en la explicación final. Una semana antes de la Semana de la Ciencia y la Innovación, se realizó un ensayo con los materiales geológicos en el aula de Geología General de la Facultad de Ciencias Geológicas. Cada grupo se situó en un lugar independiente con sus materiales y sus profesores (Fig. 3B) para ensayar individualmente su participación (Fig. 3C), adquiriendo la destreza y confianza necesarias para posteriormente exponer frente a los compañeros (de los talleres de paleontología, mineralogía y cata de materiales geológicos respectivamente, Fig. 3D, E y F). En esta ocasión, el resto del alumnado debía actuar como si fuesen el estudiantado de educación secundaria visitante, para que cada grupo estuviese preparado para situaciones imprevistas, fuera del guion y ser capaces de responder correctamente. El profesorado sugirió estrategias en este punto intentando aumentar la confianza individual.

Los talleres de paleontología (Fig. 4A-B), cata de materiales geológicos (Fig. 4C-D) y mineralogía (Fig. 4E-F) de la Semana de la Ciencia y la Innovación de Madrid 2018 se desarrollaron con completa normalidad los días 7, 8 y 14 de noviembre, respectivamente con una duración entre hora y media y dos horas. El taller de paleontología fue ofertado a los alumnos de 2º Bachillerato del IES Las Rozas (Madrid). Las catas geológicas estaban abiertas al público general y acudieron estudiantado y profesorado de gra-

do y máster de la Facultad de Ciencias Geológicas, así como personas particulares no vinculadas con la universidad. En el taller de mineralogía participó el estudiantado de 1º ESO del Liceo San Pablo (Leganes).

El taller de paleontología se dividió en cuatro actividades, por las que rotaron todos los participantes, y en los cuales hubo monitores de STUNIN en tres de ellos. La primera actividad consistió en explicar los tipos de fósiles, y el monitor de STUNIN (Fig. 4A, en primer plano) se centró en comentar que hay fósiles de partes duras del cuerpo humano (huesos y dientes) pero que es muy raro que fosilicen otras como piel o pelo, porque se alteran muy rápido y no da tiempo a que fosilicen. Además, explicó que no siempre hace falta que muera un ser vivo para que se genere un fósil, mostrando los rastros de pisadas (huellas) o las heces fósiles (coprolitos). La segunda actividad tuvo que ver con los vertebrados y, dentro de ella, el estudiantado de STUNIN se encargó de las explicaciones referentes a la dentición de mamíferos carnívoros y herbívoros (mostrando morfologías y explicando su función) y la evolución. Para esta última, la estudiante STUNIN se apoyó en material que simula cuatro estadios evolutivos de las patas de los caballos para explicar el progresivo aumento de tamaño y la disminución del número de dedos mejorando la carrera. La tercera actividad estaba relacionada con los invertebrados y microfósiles; en ella no hubo monitores de STUNIN. Por último, la cuarta actividad tenía una visión geológica de cómo se forman



Fig. 5. Presentación del póster Ciencia para todos en la Universidad en el IV Congreso Internacional Universidad y Discapacidad. A y B: Exposición oral pública del trabajo; C: estudiantado de STUNIN que acudió a la presentación; D: Entrega de premios del congreso a los mejores trabajos en formatos comunicación escrita y póster.

las rocas susceptibles de contener fósiles, y la explicación de un ejemplo práctico de excavación paleontológica y formas de tomar las muestras corrió a cargo de una estudiante de STUNIN (Fig. 4B).

El taller de cata de materiales geológicos consistió en una explicación teórico-práctica mediante una presentación de *power point* apoyada por materiales multisensoriales. En ella se abordaron varios aspectos geológicos relacionados con las aguas subterráneas, como las características de porosidad y permeabilidad que han de tener los materiales geológicos para permitir el almacenamiento y circulación del agua, o cómo las características físico-químicas de estos materiales influyen en el sabor y textura del agua. También se mostró qué es una sal de consumo alimentario, dónde se forman las distintas variedades de sales y qué composiciones tienen. Los estudiantes de STUNIN se repartieron para explicar las partes de la presentación teórica (Fig. 4C) y, después, se hizo una cata de aguas y de sales en la que ayudaron a completar las fichas preparadas a tal efecto (Fig. 4D).

El taller de mineralogía aplicada también estuvo estructurado en cuatro actividades por las que rotaron todos los participantes y una explicación final conjunta. La primera de ellas consistió en exponer diferencias entre cristal, mineral y roca, y la estudiante STUNIN (Fig. 4E) se encargó de que los participantes diferenciaron entre materiales orgánicos e inorgánicos mediante el juego de *¿Qué es qué?* (usando como ejemplos hojas impresas, fósiles, rocas y minerales). En la segunda actividad se trabajó

en los diferentes ambientes de cristalización (endógenos y exógenos) y el estudiante de STUNIN explicó conceptos como *disolución*, *disolución saturada*, *disolución sobresaturada* y *precipitación*, asociados a los ambientes de formación exógenos, con un taller de cristalización de halita (Fig. 4F) y con cristales ya formados en laboratorio de sulfato de cobre. En la tercera actividad, la estudiante de STUNIN utilizó claves dicotómicas preparadas *ex profeso* y materiales como vidrio u objetos (moneda de cobre, navaja, lupa, imán, etc.) para poder diferenciar propiedades de los minerales y clasificarlos. En la cuarta y última actividad el estudiante de STUNIN explicó la relación entre las propiedades de un mineral y su uso. Mediante fichas preparadas en las que aparece una imagen (por ejemplo, una bombilla) seguida de un pequeño escrito (propiedad de resistir altas temperaturas y una vez que se ha llevado a la incandescencia originar luz – altos puntos de fusión), y con las muestras de los minerales y sus propiedades respectivas, los alumnos tenían que identificar qué mineral cumple esas características y se usa en cada caso (wolframita de la que se obtiene el W de las bombillas). La explicación final relacionaba los principales minerales de España con los yacimientos más relevantes. La estudiante de STUNIN explicó los minerales de la Comunidad de Madrid.

También, durante el primer semestre, el equipo participó en el IV Congreso Internacional Universidad y Discapacidad (gestionado por la Fundación ONCE) presentando el póster titulado *Ciencia para todos en la Universidad* (Fig. 5).

Fig. 6. Preparación y exposición Mitos y ciencia para avanzar hacia una universidad inclusiva. Diseño de las propuestas sobre cartulina (A) y ordenador (B); preparación y ensayos del discurso (C); exposición oral en el salón de actos de la Facultad de Ciencias Geológicas de la UCM (F); acto de despedida oficial de la exposición (E); exposición de los pósteres en la misma facultad (F).



La elaboración del póster corrió a cargo del profesorado de Geodivulgar e I.amAble, a partir de la opinión del estudiantado y profesorado de STUNIN sobre qué tipo de información concreta debía aparecer y de cómo habían percibido las enseñanzas de la parte científica en el desarrollo de las actividades que se citaban. El estudiantado manifestó que la experiencia supuso aprender cosas desconocidas, curiosas, interesantes para ampliar el conocimiento sobre seres vivos antiguos, minerales a través de su sabor o su aparición en nuestro cuerpo; el profesorado STUNIN opinó que los talleres han sido muy dinámicos, destacando la organización y explicaciones científicas, que con cercanía, sencillez y adaptación a los diferentes niveles intelectuales han propiciado un espacio de acceso al conocimiento, teniendo la oportunidad de aprender ciencia disfrutando.

Para que fuese realmente inclusivo, dos alumnas de STUNIN (Fig. 5A y B) elegidas por sorteo, realizaron la presentación oral del póster. En la preparación de la exposición también participaron dos suplentes que acudieron al congreso (Fig. 5C). Conviene destacar que este enfoque inclusivo bajo la óptica DUA permitió al alumnado trabajar en equipo y desarrollar destrezas de comunicación y transmisión de la información. Dicho trabajo (Fig. 5D) recibió el Premio al Mejor Póster CIUD 2018.⁴

Durante el segundo semestre se profundizó en

las propuestas grupales del año anterior sobre mitos y ciencia para exponerlo en otro formato: como pósteres en un evento público en la Facultad de Ciencias Geológicas (Fig. 6). Para ello se trabajó semanalmente con los grupos incidiendo en varios factores que hay que considerar en una presentación en formato póster, teniendo en cuenta las características de cada estudiante y tratando que el trabajo en equipo fuera equitativo. Es importante resaltar que aquí se trabajaron varias competencias transversales (comunicación interpersonal, de liderazgo o de emprendimiento de nuevos desafíos y competencia lingüística). Primero cada grupo trabajó su propuesta mediante un boceto en cartulina, formato más familiar para el estudiantado, con textos e imágenes recortados y situados en esta, para decidir formatos de imágenes, cantidad de información en los textos y disposición de la misma, hasta conseguir el diseño que se ajustase a las premisas de un póster de congreso de investigación genérico (Fig. 6A).

Una vez decidido el formato definitivo, trabajaron el diseño por ordenador, con power point, a un tamaño específico igual para todos (Fig. 6B), que se imprimió. Finalmente, ensayaron la presentación de cada póster (Fig. 6C) con los requerimientos de la comunicación científica frente a otra más coloquial. La exposición de los trabajos se tituló *Mitos y ciencia para avanzar hacia una universidad inclusiva*. Se celebró el 20 de junio de 2019 durante tres horas en el Salón de Actos de la Facultad de Ciencias Geológicas (Fig. 6D, E) dejando expuestos los pósteres una semana en la facultad (Fig. 6F).

⁴ <https://www.fundaciononce.es/es/noticia/profesores-de-la-universidad-de-jaen-galardonados-por-fundacion-once>

POSIBLES USOS DE LA METODOLOGÍA DUA EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA

Para comprender la importancia del uso del DUA en el día a día en el aula, se expone a continuación la metodología desarrollada en la titulación de STUNIN a lo largo de los dos cursos académicos, ya que pueden servir como base para otras iniciativas. En primer lugar, se recogen las pautas concretas que se han llevado a cabo según el modelo del DUA, y posteriormente se hacen unas consideraciones respecto a los procesos cognitivos que han activado en distintos momentos del proceso de aprendizaje.

De acuerdo al DUA, se han tenido en cuenta los tres principios para proporcionar múltiples formas de representación, acción-expresión e implicación mediante una serie de pautas relacionadas con la geología (Fig. 7). Aunque en el modelo de Alba-Pastor (2019) hay muchos ejemplos, a continuación, se repasan los más fácilmente identificables en la experiencia con STUNIN.

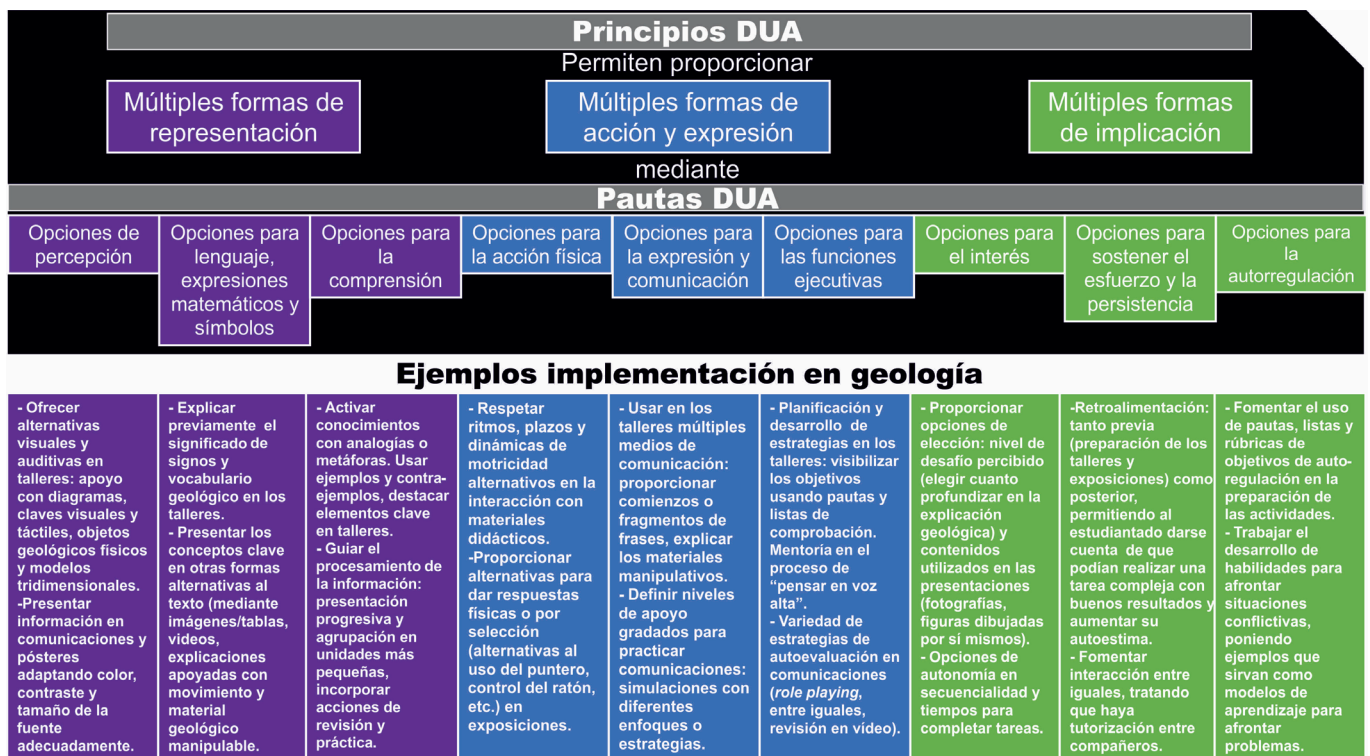
En el principio *Proporcionar múltiples formas de representación* se tienen en cuenta múltiples opciones de percepción de la información tanto en talleres (alternativas visuales, auditivas, apoyo gráfico y materiales multisensoriales; Fesharaki *et al.*, 2016), como en las presentaciones de cualquier tipo (adaptaciones de brillo, contraste, tamaño de fuente; Henriques *et al.* 2019). De acuerdo a este principio también hay que asegurarse la buena comprensión del lenguaje geológico, incluyendo la simbología que puede aparecer en mapas, mediante explicaciones previas apoyadas en materiales en diversos formatos (imágenes, tablas, audiovisual, teatralización o materiales manipulables, como por ejemplo los materiales multisensoriales, Gomez-Heras *et al.*, 2014). Por último, es aconsejable el uso de metáforas y ejemplos geológicos, y se ha comprobado que,

si se procesa la información geológica gradualmente, presentándola progresivamente en unidades menores con apoyo de revisión de lo que han aprendido mediante prácticas, mejoran las opciones para una adecuada comprensión.

Respecto al principio *Proporcionar múltiples formas de acción y expresión*, se detectan tres grupos de pautas efectivas. Hay que contemplar las opciones de acción física respetando los ritmos de cada persona según su psicomotricidad para poder definir plazos de actuación (García-Frank *et al.*, 2014) y adaptaciones para realizar las presentaciones orales (algunas personas preferían por sus circunstancias personales exponer de pie usando puntero y otras sentadas usando el ratón del ordenador). Aquí también se han tenido en cuenta las opciones individuales para expresarse y comunicarse, ayudándoles a preparar el discurso de una explicación, permitiendo distintos niveles de apoyo (tener un folio escrito, o enseñar a buscar la información en el material) para conseguir que sean capaces de expresarse en distintas situaciones. Además, son muy importantes las opciones para las funciones ejecutivas como ayudar a visibilizar objetivos concretos de cada taller/exposición y trabajar con ellos las posibles interacciones que pueden tener con el público al que se dirigen (ver ejemplos de talleres paleontológicos inclusivos previos en García-Frank *et al.*, 2017). Ligado a esto último es muy efectivo que los propios compañeros actúen como público en los ensayos o que vean grabaciones de éstos para una correcta autoevaluación.

El *Principio de proporcionar múltiples formas de implicación* se puede conseguir incrementando el interés del estudiantado por los talleres y exposiciones geológicas teniendo en cuenta en cada grupo el nivel de profundización individual de las partes que les toca desarrollar, y asignando con ellos las tareas

Fig. 7. Principios y pautas del DUA y ejemplos de cómo usarlos en geología.



de acuerdo a sus tiempos individuales para completarlas conforme a un nivel de complejidad creciente (Muñoz García *et al.*, 2015; Iglesias *et al.*, 2015, Fesharaki *et al.*, 2016). Aquí también es importante mantener esa motivación proporcionando opciones a medio y largo plazo para sostenerla o retroalimentarla, resaltando su capacidad de mejora (aumentando su autoestima) o trabajando con ellos como iguales en los talleres en los que son monitores en vez de participantes (García-Frank *et al.*, 2017). Finalmente, el uso de opciones de autorregulación (pautas, listas, rúbricas de los talleres/exposiciones) facilita la preparación de estas actividades, al igual que trabajar situaciones imprevistas o conflictivas para que aprendan a afrontar posibles problemas que pudieran surgir en el desarrollo de las actividades.

Los procesos cognitivos que se han alcanzado a lo largo de los dos cursos académicos se han adaptado al modelo de Bloom usando la modificación de Méndez Oramas (2015), que permite definir distintos niveles de complejidad (Fig. 8). Para ello se diferencian los procesos cognitivos en seis estadios que varían en complejidad desde orden inferior a superior: recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear. La definición de cada uno se muestra en la figura 8, junto con las acciones, resultados y ejemplos de algunas preguntas a las que han sido capaces de contestar el alumnado de STUNIN, mostrando en qué momento de la titulación se ha detectado cada una de ellas.

Hay una evolución con un incremento progresivo en la complejidad de los procesos cognitivos que ha alcanzado el estudiantado desde el primer al último curso de la titulación. Así, en la primera parte del primer curso, en el que tuvieron la primera toma de contacto con las ciencias naturales, los logros se limitaron a *recordar* datos sin necesidad de entenderlos en profundidad: fueron capaces de identificar, describir, nombrar materiales de los talleres con la ayuda de

los monitores cuando fueron ellos los participantes. Estas actividades puntuales les permitieron definir en cada momento lo que acababan de aprender (a corto plazo), pero sin refuerzo. Ese proceso cognitivo corresponde a un nivel inferior. El tiempo disponible, los materiales didácticos empleados y el lenguaje utilizado durante las actividades son determinantes en la traslación de conocimientos personales previos sobre un tema científico (Iglesias *et al.*, 2017).

En el segundo semestre se realizó un estudio en grupo sobre distintos mitos y sus explicaciones científicas, como una actividad enfocada a largo plazo. Esta actividad encajaría con el proceso cognitivo de analizar, ya que el estudiantado tuvo que examinar en detalle la información de diversas fuentes proporcionada por el profesorado, realizando inferencias para aceptar o refutar evidencias científicas en cada caso estudiado. La acción principal consistió en aprender a integrar la información, estructurando y organizando las fuentes de datos científicas, lo que dio como resultado la explicación final en la exposición en clase.

El segundo año comenzó con la preparación de los talleres en los que el estudiantado iba a actuar como monitores. Se pasó del proceso cognitivo de *comprender* durante la formación al de *aplicar*, durante la ejecución. Las acciones que se realizaron en el primer caso fueron la clasificación y comparación de materiales geológicos interpretando y resumiendo procesos y, con un nivel cognitivo ligeramente superior cuando fueron monitores, en realizar las explicaciones usando materiales de apoyo. Puntualmente se alcanzaron algunas de las características que definen el proceso cognitivo de *evaluar* esquematizando y estructurando la información geológica que había en cada taller.

Así, a lo largo de toda la titulación han sido capaces de desarrollar progresivamente procesos cognitivos desde un nivel simple a otros de nivel intermedio.

Fig. 8. Distintos procesos cognitivos alcanzados y sus características durante el transcurso de la titulación STUNIN, y su adaptación al modelo metodológico de Bloom modificado (Méndez Oramas, 2015).

Procesos cognitivos	Procesos cognitivos de orden inferior			Procesos cognitivos de orden superior		
	RECORDAR	COMPRENDER	APLICAR	ANALIZAR	EVALUAR	CREAR
ACCIONES	Recordar (hechos, datos, conceptos básicos y respuestas) sin necesidad de entender	Mostrar entendimiento para buscar información: comprensión básica de hechos e ideas	Usar en nuevas situaciones. Resolver problemas mediante aplicación de conocimientos, hechos o técnicas previamente adquiridos	Examinar en detalle descomponiendo la información en partes, identificando motivos y causas; realizar inferencias y encontrar evidencias de apoyo	Justificar: presentar y defender opiniones realizando juicios sobre la información, validez de ideas o calidad de un trabajo basándose en la información	Cambiar o crear algo nuevo. Recopilar información de manera distinta combinando sus elementos en un nuevo modelo o proponiendo soluciones diferentes
RESULTADO	Definiciones de materiales geológicos (minerales, rocas, fósiles) y correcto etiquetado	Preparación previa de talleres geológicos: Estudio y manejo de colecciones, explicaciones y ejemplos de materiales geológicos, resúmenes de características de aguas y sales	Desempeñar el papel de monitores; realizar explicaciones; usar los materiales para apoyarse en las explicaciones geológicas	Atribuir propiedades a los materiales geológicos; integrar la información (de cada taller o exposición científica); organizar la intervención estructurando cuando hay que explicar cada parte y esquematizar lo que se debe decir	Resumir la información para el formato final del póster: trabajar la información geológica que debe aparecer en los apartados escritos y gráficos de un póster	Diseñar el poster final y hacerlo en ordenador. Planificar su exposición
PREGUNTAS a las que pueden contestar	¿Puedes recordar los tipos de usos de la sal? ¿Puedes nombrar un mineral que se use en joyería? ¿Puedes seleccionar un coprolito de entre estos fósiles? ¿Cómo ocurrió la formación de esta roca? ¿Qué es un fósil? ¿Podrías explicar algún uso de las rocas?	¿Cómo clasificarías esta roca? ¿Puedes explicar cómo adquiere el agua su sabor característico? ¿Qué puedes decir sobre las formas de excavar fósiles? ¿Qué puedes decir sobre los cristales? ¿Cómo resumirías el proceso de formación de la sal?	¿Cómo organizarías los dientes fósiles del taller para explicar los tipos de dentición y la dieta? ¿Qué ejemplos de minerales de la comunidad puedes encontrar en este mapa? ¿Cómo usarías este mineral (joyería, construcción, etc.)? ¿Cómo aplicarías lo que has aprendido sobre las sales alimentarias a la hora de comprar una para tu casa (evitar sobreprecios o información engañosa del etiquetado)?	¿Cuáles son las acciones de los talleres que más interés han despertado? ¿Cuál es la función de cada taller? ¿Puedes hacer un listado de las actividades de cada taller? ¿Qué ideas justifican la explicación científica frente al mito? ¿Qué evidencias científicas sustentan esa explicación?	¿Qué información geológica pondrías para apoyar este concepto? ¿Qué datos te llevaron a la conclusión que presentas? ¿Qué has supuesto para el estudiantado STUNIN hacer actividades científicas?	¿Cómo mejorarías el póster para que se vea bien? ¿Qué pasaría si te atascas explicando el póster? ¿Cómo adaptarías lo que has contado en el póster para explicárselo a estudiantes de instituto/científicos/tus compañeros de clase?
MOMENTO DE LA TITULACIÓN STUNIN EN QUE SE CUMPLE	Como participantes en talleres geológicos	Como monitores en formación para talleres geológicos	Como monitores en talleres geológicos	Como evaluadores de información para diversos escenarios de exposición	Como diseñadores del póster	Como comunicadores científicos
	1er curso, 1er semestre	2º curso, 1er semestre	2º curso, 1er semestre	1er curso, 2º semestre. 2º curso, 1er semestre	2º curso, 2º semestre	2º curso, 2º semestre

También en el primer semestre del segundo año, algunas estudiantes presentaron un póster a un congreso científico, actividad que se asemejó a la de la exposición de los mitos y ciencia del curso anterior, por lo que se puede asimilar a que el proceso cognitivo que desarrollaron aquí fue el de *analizar*.

Durante el segundo semestre, se repasó la información del año anterior sobre mitos y ciencia, pero adaptando la información a un formato concreto de exposición (póster científico explicado oralmente). En este caso, se trabajaron procesos cognitivos de orden superior, como son *evaluar* (presentando trabajos basados en la búsqueda de información científica y defendiendo sus opiniones) y *crear* (recopilando dicha información científica y combinándola en un modo diferente diseñando un póster).

De este modo, en relación con las exposiciones orales, a lo largo de toda la titulación se ve que han sido capaces de desarrollar progresivamente procesos cognitivos incluso de nivel superior.

SÍNTESIS Y CONSIDERACIONES FINALES

Los ejemplos de actuación presentados se pueden aplicar a otros niveles educativos sin grandes dificultades mientras el marco legal sea la LOMCE o la nueva propuesta de ley educativa (LOMLOE), apoyando la adquisición de la competencia científica y otras competencias transversales, pero es importante que se tengan en cuenta desde el principio a la hora de diseñar los objetivos que se pretenden cumplir por parte del alumnado de la clase y estar pendiente de la retroalimentación (Iglesias *et al.*, 2017). Según la diversidad del aula deben contemplarse distintos tiempos de reacción, necesidades de adaptación físicas o formas de reforzar el aprendizaje, como elementos aliados para lograr que el alumnado adquiera niveles superiores en sus procesos cognitivos. La metodología empleada puede ser diferente en cada grupo y nivel, pero siempre será más efectiva si sigue los principios del DUA en su planificación, si se motiva al estudiantado para que mantenga el nivel de implicación en la materia, y así lograr procesos cognitivos de diversos niveles que refuercen el aprendizaje memorístico y lo transformen en aplicaciones que perduren en el tiempo.

La aplicación de esta metodología es adecuada para lograr que los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la UNESCO 4, 10 y 11 (de 17) puedan ser conseguidos en las aulas: *Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos* (ODS4); *potenciar y promover la inclusión social, económica y política de todas las personas, independientemente de su edad, sexo, discapacidad, raza, etnia, origen, religión o situación económica u otra condición* (ODS10); y *proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles* (ODS11). Los equipos docentes e investigadores responsables de la iniciativa aquí propuesta para la geología hemos observado que determinadas metodologías de actuación llevan a obtener resultados favorables en la adquisición de numerosos conceptos y competencias por parte de los participantes (Muñoz García *et al.*, 2015; Iglesias

et al., 2015, Fesharaki *et al.*, 2016, García-Frank *et al.*, 2016), y para ello se ha contado con la ayuda de profesionales expertos en pedagogía, psicología y educación especial durante casi un decenio, lo que ha permitido adquirir una amplia experiencia en divulgación científica y docencia inclusivas.

Nuestras acciones previas de transmisión de conocimiento geológico en educación no formal anteriores a esta propuesta ya eran acordes con el espíritu de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (García-Frank *et al.*, 2016). Varias de las actividades ya testadas han sido germen e inspiración de las experiencias de programación y actuación aplicadas en esta propuesta dentro del sistema educativo formal, concretamente del Módulo de *Conocimiento Científico* del Diploma Universitario de Formación Continua STUNIN. Con esta forma de trabajo, que implica una inclusión real de todos los participantes, conseguimos que bajo los preceptos del DUA aplicados a las ciencias geológicas seamos capaces como docentes de llegar a la ciudadanía de forma eficaz.

Hay muchas otras formas de adaptaciones puntuales del DUA en geología que no mostramos en este trabajo, al no estar reflejadas como tales en la bibliografía: cada docente (a veces sin ser consciente) está diariamente usando las pautas que hemos mostrado y no considera que esté aplicando esta metodología inclusiva. Ejemplos de algunas actuaciones desarrolladas en el proyecto Geodivulgar se pueden encontrar en su espacio web⁵. Desde este trabajo queremos hacer una llamada a la reflexión para que antes de comenzar nuestras planificaciones docentes, recapitemos sobre las prácticas que estamos realizando que encajan con esta metodología y que tratemos de incorporar otras nuevas bajo la óptica que aquí se propone.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a la Doctora Amelia Calonge y a un revisor anónimo por sus observaciones y sugerencias que han ayudado a mejorar el manuscrito inicial. Este trabajo ha sido realizado y financiado como parte de las actividades de los proyectos INNOVA-DOCENCIA de la UCM Geodivulgar: Geología y Sociedad (nº 94, 2017-18; nº 55, 2018-19; nº 43, 2019-2020 y nº 83, 2020-21) y I.amAble: la ciencia como vehículo hacia la plena inclusión (nº 166, 2017-18), en colaboración con STUNIN. También agradecemos la colaboración de Alberto Azor y Jon Canca en la realización del taller ¿De qué estamos hechos?

BIBLIOGRAFÍA

Alba-Pastor, C. (2019). Diseño universal para el aprendizaje: un modelo teórico-práctico para una educación inclusiva de calidad. *Participación Educativa*, 9, 55-66. <http://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:c8e7d35c-c3aa-483d-ba2e-68c22fad7e42/pe-n9-arto4-carmen-alba.pdf>

Anderson, L. W. y Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Addison Wesley Longman. 302 p.

⁵ <https://www.ucm.es/geodivulgar/>

Bloom B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*. David McKay Company, 207 p.

BOE (2017). Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/10/29/1393/con>

CAST (2018). Universal Design for Learning Guidelines version 2.2. Enlace: <http://udlguidelines.cast.org> Versión traducida al español. Enlace: http://www.educadua.es/doc/dua/dua_pautas_esquema_resumen.pdf

Churches, A. (2009). *Bloom's Digital Taxonomy*. [WWW] <http://edorigami.wikispaces.com/file/view/bloom%27s+Digital+taxonomy+v3.01.pdf>

Fernández César, R., Solano Pinto, N, Perles Hernández, J., Muñoz Hernández, M., Desvoves, B., Herrero Domínguez, S., Rodríguez Rodríguez, G., de la Peña Álvarez, C. y Bernabéu Brotóns, E. (2019). *Ciencias Creativas. Propuestas para descubrir la ciencia en el aula de Educación Primaria*. Ed. Aljibe, 188 p.

Fesharaki, O., Iglesias, N., Durán, A. y García-Frank, A. (2018). Talleres de mineralogía adaptados para público diverso. *Macla*, 23, 31-32.

Fesharaki, O., García-Frank, A., Iglesias Álvarez, N., Gomez-Heras, M., Martín-Perea, D. y 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.

Gálvez, A., Ballesteros, F., García-Frank, A., Gil, S., Gil-Ortiz, A., Gómez-Heras, M., Martínez-Frías, J., Parro, L. M., Parro, V. Pérez-Montero, E., Raposo, V. y Vaquerizo J. A. (2017). Inclusive Planetary Science Outreach and Education: a Pioneering European Experience. En: *Abstracts European Planetary Science Congress 2017*, 11, EPSC2017-905-2.

García-Frank, A. y Fesharaki, O. (2017). Cata de aguas a ciegas: un taller inclusivo sobre aguas minerales y geología. En: *Actas de la XXII Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural* (Eds.: A. Baratas Díaz, F. Barroso-Barcenilla y P. Callapez Tonicher) 363-364.

García-Frank, A., Fesharaki y Rodrigo, A. (2019). Innovación en la Divulgación de la Geología: Propuestas inclusivas hechas por estudiantes para estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 27.1, 116-118.

García-Frank, A., Gomez-Heras, M. y Fesharaki, O. (2017). Inclusive outreach practices in Palaeontology: Inclusive-Coworking. En: *EGU General Assembly 2017 Geophysical Research Abstracts*, 19, 12720.

García-Frank, A., Canales Fernández, M.L., Gomez-Heras, M. y Herrero Domínguez, S. (2016a). Educación no Formal desde la Universidad: la importancia de la Divulgación Científica Inclusiva. En: *Libro de Actas del III Congreso Internacional Universidad y Discapacidad Madrid 2016*, 131-142.

García-Frank, A., Gomez-Heras, M., Fesharaki, O., Iglesias Álvarez, N. y Gonzalo Parra, L. (2016b). "Science without Barriers": towards the take-off of Social Palaeontology. *Palaeontological Association Newsletter*. 91, 50-55.

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

García-Frank, A., Gómez-Heras, M., Gálvez, A., Pérez Montero, E., Fesharaki, O., Hernández Paredes, R. y Ortiz Gil, A. (2018). Ciencia accesible: Planetas y salidas de campo geológicas adaptadas. En: *Libro de Actas del IV Congreso Internacional Universidad y Discapacidad. Madrid 2018*, 307-316.

Gómez-Heras, M., Gonzalo, L., García-Frank, A., Sarmiento, G. N., González, L., Muñoz, M. B., García, R., Hon-

tecillas, D., Ureta, S. y Canales, M. L. (2014). Geología para sordociegos: una experiencia multisensorial para la divulgación de la ciencia. *Serie El CSIC en la escuela: investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, 10, 45-55.

Henriques, M. H., Canales, M. L., García-Frank, A. y Gomez-Heras, M. (2019). Accessible geoparks of Iberia: a challenge to promote geotourism and education for sustainable development. *Geoheritage*, 11, 471-484.

Herrero Domínguez, S., Perles Hernández, J., López Pérez, A. M., Jiménez de la Hoz, M. C., Fernández Rodríguez, J. M., Gibaja Jiménez, M. y Alonso Martínez, A. (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.

Herrero Domínguez, S. (2017). La ciencia no es algo de listos. *Ciencia y Educación*, 5.

Iglesias Álvarez, N., Fesharaki, O., García-Frank, A., González Acebrón, L., Rico, R., Salazar Ramírez, R. W., Sacristán, S., Martín Perea, D., Hontecillas, D., García Hernández, R., Gomez-Heras, M., Sarmiento, G. N., Muñoz García, M. B., Ureta Gil, M. S., Canales Fernández, M. L. y del Moral, B. (2015). Dejando huella: divulgación paleontológica para personas con diversidad funcional. En: *Actas del XIII Encuentro Jóvenes Investigadores en Paleontología*, 154-162.

Iglesias, N., García-Frank, A. y Fesharaki, O. (2017). Ideas y reflexiones para una divulgación científica efectiva. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. Aula, Museos y Colecciones*, 4, 29-41.

López-Acevedo, V., Goñi, J. y Chicote, J. C. (2018). Las piedras del Zodiaco en El lapidario de Alfonso X el Sabio. Una selección para *ver con los ojos cerrados*. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. Aula, Museos y Colecciones*, 5, 67-81.

Mace, R. L., Hardie, G. J. y Place, J. P. (1996). *Accessible environments: toward universal design*. Raleigh, NC, Center for Accessible Housing, North Carolina State University. 44 p.

Méndez Oramas, M. A. (2015) La taxonomía de Bloom, una herramienta imprescindible para enseñar y aprender. Disponible en: <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/edublog/cprofestenerifesur/2015/12/03/la-taxonomia-de-bloom-una-herramienta-imprescindible-para-ensenar-y-aprender/>

Meyer, A., Rose, D. H. y Gordon, D. (2014). *Universal design for learning: Theory and Practice*. Wakefield, MA: CAST Professional Publishing. Disponible en: <http://udltheorypractice.cast.org/login>

Muñoz-García M. B., González-Acebrón L., García-Frank, A., Pérez Barroso, R., Espín Forjan, B., Benito Manjón, P., de Pablo Gutiérrez, L., Gomez-Heras, M., Canales Fernández, M.L., Sarmiento Chiesa, G. N., Ureta Gil, S. y 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*, 23.1, 220-231.

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

Rodrigo, A. (2016). Actividades para público con diversidad funcional en el Museo Geominero (IGME). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. Aula, Museos y Colecciones*, 4, 21-28.

Sánchez-Fontela, N., Berrocal-Casero, M., Fesharaki, O., García-Frank, A. y Rodrigo, A. (2019). Aprendizaje basado en el diseño universal: talleres sobre paleontología de invertebrados, mapas paleogeográficos y la deriva continental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 27.2, 172-181.

UNESCO (2015). Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Septiembre 2015. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/es/santiago/education-2030/> ■

Este artículo fue recibido el día 26 de mayo de 2020 y aceptado definitivamente para su publicación el 11 de septiembre de 2020.