

## Evaluación del aprendizaje significativo del concepto “Tiempo Geológico” en estudiantes con necesidades educativas especiales por discapacidad intelectual

*Evaluating the significant learning of the “Geological time” concept in students with special needs due to intellectual disabilities*

M. BELÉN MUÑOZ-GARCÍA<sup>1</sup>, LAURA GONZÁLEZ-ACEBRÓN<sup>1</sup>, ALEJANDRA GARCÍA-FRANK<sup>2</sup>, ROSA PÉREZ BARROSO<sup>3</sup>, BELÉN ESPÍN FORJAN<sup>3</sup>, PIEDAD BENITO MANJÓN<sup>3</sup>, LETICIA DE PABLO GUTIÉRREZ<sup>3</sup>, MIGUEL GÓMEZ-HERAS<sup>4,5</sup>, M. LUISA CANALES FERNÁNDEZ<sup>2</sup>, GRACIELA N. SARMIENTO CHIESA<sup>2</sup>, SOLEDAD URETA GIL<sup>2</sup> Y BEGOÑA DEL MORAL GONZÁLEZ<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Estratigrafía, Fac. CC. Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid. E-mail: mbmunoz@ucm.es

<sup>2</sup> Dpto. de Paleontología, Fac. CC. Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040, Madrid

<sup>3</sup> Centro de Educación Especial María Corredentora. C/Luis de la Mata 24, 28042, Madrid

<sup>4</sup> CEI Campus Moncloa (UPM-UCM, CSIC); ETS Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, Avda. Juan de Herrera 4, 28040, Madrid

<sup>5</sup> Instituto de Geociencias (CSIC, UCM), C/José Antonio Novais 12, 28040, Madrid

<sup>6</sup> Instituto Geológico y Minero de España, C/La Calera, 1. 28760, Tres Cantos

**Resumen** Durante el curso 2012-2013 se introdujeron por primera vez contenidos geológicos en el currículo de la enseñanza formal de 24 alumnos de Programa de Cualificación Profesional Inicial (PCPI) con discapacidad intelectual gracias a la colaboración entre el un centro de educación especial y el proyecto Geodivulgar. Dado que se trataba de una actividad novedosa y que los alumnos con discapacidad intelectual aprenden mediante procesos diferentes y cometen errores distintos a los de otros colectivos de estudiantes, se planteó este trabajo que se centra en evaluar el tipo de enseñanza a través de los conocimientos y las competencias relativos a la edad y evolución de la Tierra que estos alumnos han retenido a medio-largo plazo. Los resultados de la evaluación demuestran que unos 14 ó 16 meses después del aprendizaje, entre el 25 y el 50% de los estudiantes retiene conocimientos significativos respecto al tiempo geológico. Lo consideramos un resultado positivo dado el tiempo transcurrido y la abstracción necesaria para comprender este concepto.

**Palabras clave:** ACNEE-Alumnos Con Necesidades Educativas Especiales, aprendizaje significativo, conceptos científicos, tiempo geológico, síndrome de Down.

**Abstract** During the 2012-2013 academic year, geologic contents were introduced for the first time in the formal education of 24 students with intellectual disabilities attending an Initial Professional Qualification Program in a Center of Special Education. The geological contents consisted of a series of innovative activities prepared in close collaboration between this special education institution and the project Geodivulgar. Since students with intellectual disabilities undergo different learning processes and make different mistakes compared to other types of scholars, this work focuses on the evaluation of the teaching style through knowledge and skills tests held by these students to assess how much they retain over the medium- and long- term regarding the age and the evolution of the Earth. The results show that after 14 to 16 months, between 25 and 50% of the students retain significant knowledge about geologic time. This is quite positive considering the lapse of time and the difficulty to understand the concept.

**Keywords:** Down syndrome, geologic time, scientific concepts, significant learning, SWSN-Students With Special Needs.

## INTRODUCCIÓN

El Colegio de Educación Especial María Corredora, situado en Madrid, forma alumnos con discapacidad intelectual con vistas a generar posibilidades reales de autonomía e inserción en el mercado laboral. Durante el curso 2012-2013 se inició la colaboración entre este centro y el proyecto Geodivulgar formado por profesores, profesionales de la Geología y alumnos de esta titulación interesados en la divulgación de la Geología a todo tipo de público. Durante ese curso académico, el equipo del centro de educación especial creó materiales docentes propios, adaptados a las necesidades especiales y a la edad cognitiva de los alumnos. En estos materiales se introdujeron conceptos científicos relacionados con la Geología por primera vez en el ámbito de la educación especial formal. Para reforzar la adquisición de esos conocimientos por parte de los estudiantes, se organizaron, conjuntamente con Geodivulgar, varias actividades manipulativas y multisensoriales que se realizaron de forma espaciada a lo largo de todo el curso. Estas actividades incluyeron talleres realizados en el propio centro y en la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, así como una excursión de campo de un día (García-Frank et al., 2013 y 2014).

Estas actividades se diseñaron con el objetivo principal de mejorar la integración de estos alumnos con otros colectivos. De manera secundaria, se perseguían algunos objetivos geológicos, tales como la adquisición de conocimientos básicos sobre la evolución de la Tierra, introduciendo contenidos geológicos en el currículum formal de estos estudiantes por primera vez, para, a su vez, acercarlos a la ciencia y motivarlos hacia nuevas materias de carácter científico y medioambiental.

Estos objetivos se cumplieron con creces. La experiencia fue calificada como positiva por todos los participantes y los estudiantes demostraron un gran interés por la profesión de geólogo y por la materia impartida. Además, como algunas actividades se realizaron en la universidad con la colaboración de alumnos de grado en Geología, también resultó una grata experiencia de intercambio e inclusión social (García-Frank et al., 2013 y 2014).

En los últimos años ha aumentado el número de experiencias de divulgación de la Geología para público con necesidades especiales por discapacidad intelectual (Castilla et al., 2006; de la Ossa et al., 2012; Gómez-Heras et al., 2014; Martínez-Frías, 2014; Ciencia Sin Barreras, 2014). Sin embargo, estas experiencias no se realizan dentro de la enseñanza reglada ni se evalúan sus resultados desde el punto de vista de la funcionalidad de las competencias (habilidades y destrezas) adquiridas.

En general, la enseñanza de la Geología posee un carácter multisensorial que permite que esta ciencia pueda ser adaptada a alumnos con necesidades educativas especiales con relativa facilidad. La introducción de estos conocimientos científicos puede servir para despertar su interés sobre la Ciencia en general, además de mejorar su interacción con el mundo físico y contribuir a su sensibilización medioambiental. Dentro de los conocimientos sobre

Geología, la Estratigrafía en particular, con su inevitable carga temporal de Ciencia histórica, puede resultar útil a la hora de mejorar la capacidad para ordenar eventos temporalmente, así como para mejorar la orientación y las capacidades espaciales en general.

El concepto más importante que puede aportar la Estratigrafía es la enormidad del tiempo geológico y la continua evolución de la Tierra. Este armazón conceptual debería servir de base para futuros conocimientos relacionados con la Geología incluidos en el currículum de la asignatura de estos estudiantes, tales como el ciclo del agua, los riesgos geológicos o los recursos minerales y energéticos. Por ello, y para evaluar los métodos de enseñanza implantados durante esta experiencia, vamos a tratar de comprobar si los alumnos han comprendido y retenido estos conceptos fundamentales y si son capaces de aplicarlos a problemas sencillos. Para ello realizaremos una nueva evaluación de competencias pasados 14-16 meses desde las actividades para comprobar la significatividad del aprendizaje a medio plazo. Esta evaluación es necesaria puesto que estos alumnos aprenden mediante procesos diferentes y presentan perfiles de ejecución diferentes a los de otros colectivos de estudiantes, lo que les lleva a cometer errores distintos (Calero García et al., 2010). Además, tienen dificultad para generalizar y extraer conclusiones a partir de una serie de datos. Estos factores combinados con las dificultades que la comprensión de la magnitud del tiempo geológico tiene para cualquier tipo de estudiante (Medina et al., 2013), sugieren que el aprendizaje de este concepto no se puede dar por supuesto *a priori* en el grupo de alumnos que realizaron las actividades.

El objetivo de este trabajo es evaluar la significatividad del aprendizaje del concepto del tiempo geológico por parte de estos alumnos por medio de una evaluación de conocimientos y competencias adquiridos a medio-largo plazo, haciendo especial hincapié en la capacidad de relacionar conceptos.

## MARCO DEL TRABAJO

Las actividades del curso 2012-2013 se desarrollaron con 24 alumnos de entre 18 y 22 años incluidos en 1º y 2º curso del Programa de Cualificación Profesional Inicial (PCPI) del Centro María Corredora, situado en Madrid. Los alumnos presentan grados variables de discapacidad intelectual (la mayoría por Síndrome de Down), pero todos ellos poseen un alto grado de alfabetización y están acostumbrados al trabajo académico. La percepción del personal del proyecto Geodivulgar es que, en general, demuestran un alto interés por los estudios y, concretamente, un gran entusiasmo por las actividades realizadas en relación con la Geología.

En el primer semestre del curso 2012-2013, el equipo del centro de educación especial (asesorado por los geólogos del proyecto Geodivulgar) elaboró guías docentes de la asignatura de Ciencias Sociales que incluyeron conceptos de Geología relacionándolos con conocimientos previos de Geografía Física o usos del agua. Se trataron temas relacionados con la edad y evolución de la Tierra, la estratificación, el

Fig. 1. Las capacidades de comunicación escrita de los estudiantes que participaron en las actividades son en general muy altas como demuestran las fechas manuscritas en los encabezados de cada prueba de evaluación.

Fecha: 5 de Mayo de 2014	Fecha: 9/6/2014	Fecha: 9/06/2014
Fecha: 5/05/14	Fecha: 9/6/2014	Fecha: 9/6/2014
Fecha: 5/5/2014	Fecha: 9/6/2014	Fecha: 9/05/2014
Fecha: 5-5-2014	Fecha: 9/6/2014	Fecha: 9/15/2014
Fecha: 5/05/2014	Fecha: 9/6/2014	Fecha: 9/
Fecha: 5/05/2014		Fecha: 9-3-2014

proceso de fosilización y la información que aportan los fósiles, así como el ciclo y usos del agua. Para reforzar el aprendizaje de estos contenidos se realizaron varias actividades complementarias a lo largo del curso, que incluyeron tres sesiones de tipo taller sobre la historia de la Tierra y de la vida (las dos primeras en el centro de educación especial y la tercera en la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid) y una excursión de un día al Museo del Agua y a la presa de El Atazar para completar conocimientos sobre el ciclo del agua. En todas estas actividades participaron los docentes del colegio de educación especial junto con el grupo Geodivulgar. Los conceptos relacionados con la Estratigrafía se impartieron en el primer semestre del curso. De manera indirecta se trataron conceptos relacionados con los principios de superposición y de sucesión faunística, con el tiempo geológico, la deriva de los continentes y la metodología de trabajo del geólogo. Las actividades se resumen en el siguiente apartado, y están descritas en detalle en García-Frank et al. (2014).

En el momento de realizar la presente evaluación, los alumnos que durante el curso anterior participaron en estas actividades en el nivel de 1º de PCPI, ya se encontraban cursando 2º. En el nuevo año académico habían complementado los conocimientos adquiridos previamente con otros sobre minería y aplicaciones de los recursos minerales dentro de la asignatura de Ciencias Sociales de 2º curso de PCPI. Por el contrario, los alumnos que realizaron las primeras actividades en 2º curso, en el momento de esta evaluación estaban realizando prácticas profesionales o ya se habían graduado.

## METODOLOGÍA

### El grupo de estudiantes

Para evaluar la eficacia de las actividades previamente indicadas se ha realizado una prueba escrita a 17 de los 24 alumnos que tomaron parte en ellas. El objetivo es evaluar la asimilación de conceptos a largo plazo, puesto que la prueba se realizó entre 14 y 16 meses después de la realización de las actividades y sin ningún refresco previo.

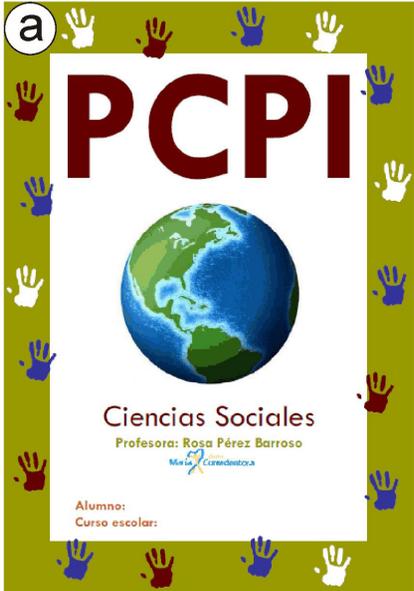
El grupo de alumnos sobre el que se realizó el seguimiento estaba formado por 10 varones y 7 mujeres de entre 19 y 23 años, de los cuales 11 estaban cursando 2º curso de PCPI y 6 ya estaban gradua-

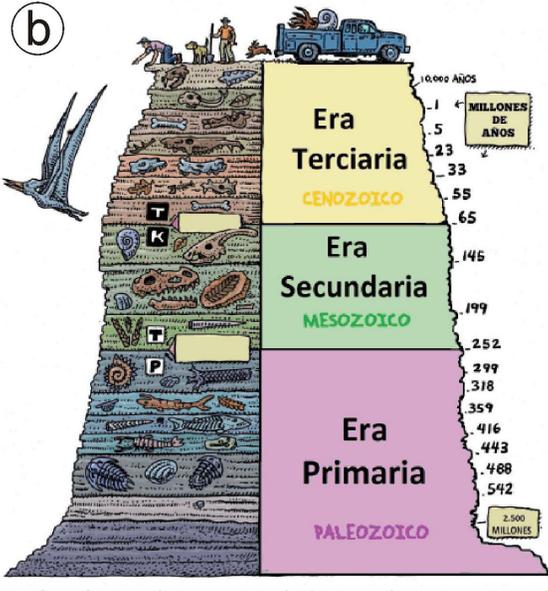
dos. Todos ellos estaban habituados a este tipo de pruebas y poseían suficiente capacidad de expresión escrita para completarla como se puede ver en la figura 1.

### Las actividades

El aprendizaje de los alumnos con discapacidad intelectual se basa en la repetición de los conceptos durante sesiones de corta duración para evitar que disminuya el grado de atención. El concepto de tiempo geológico no se trató de manera explícita en ninguna de las actividades pero constituyó el hilo conductor invisible de todas las sesiones de trabajo. Por este motivo se eligió evaluar la significatividad del aprendizaje de este concepto al considerar que, a pesar de la variación en el estilo de las actividades y de la ausencia de una enseñanza explícita del concepto, el aprendizaje habría sido significativo desde una perspectiva constructivista si la adquisición de competencia en la comprensión del concepto de tiempo geológico hubiera supuesto una modificación del conocimiento previo.

El estudio del tiempo geológico se inició en las guías docentes elaboradas por el equipo del centro María Corredentora, que incluyen abundante material gráfico y preguntas para fomentar el debate (Fig. 2) y se centró en la edad de la Tierra y en la división de su historia en eras. En los talleres realizados en el mismo centro, los alumnos analizaron fósiles reales y los compararon con los dibujos de un cuadernillo de recortables preparado especialmente por los participantes de Geodivulgar. Los estudiantes se quedaron con la tarea de pintarlos y recortarlos, aprendiendo a la vez si el organismo había vivido en el mar o en tierra firme y en qué momento de la historia de la Tierra había existido. Posteriormente, en el taller realizado en la Universidad Complutense de Madrid, los estudiantes tuvieron que relacionar estos recortables de fósiles que traían preparados con su respectiva reconstrucción paleoambiental. Para ello, pegaron los recortables sobre varios paneles que se habían preparado (Fig. 3). Para familiarizar a los estudiantes con la evolución de la Tierra y permitirles compararla con algo más cercano a ellos, estas reconstrucciones paleoambientales estaban relacionadas a su vez con tres reconstrucciones paleogeográficas de la Tierra: una "infantil" (con chupete), otra "juvenil" (con gorra) y una "adulta" (con corbata), correspondientes al Paleozoico, Mesozoico y Ceno-





**¿Qué pasó con todos esos animales? ¿Por qué no siguen viviendo?**

**C** El día **22 de abril** la Tierra celebra su cumpleaños y cumple 4.500 millones de años.

**Reflexiona sobre el tema**

¿Crees que la tierra es joven o es vieja? ¿Quién es más viejo la Tierra o tú?

¿Crees que tu cuerpo cambia cuando cumples años? ¿Crees que la Tierra cambia al hacerse vieja?

© María Corredentora



Fig. 2. Fragmentos de los materiales docentes elaborados por el equipo del centro María Corredentora.

Fig. 3. Paneles con reconstrucciones paleoambientales donde los alumnos pegaron los recortables de fósiles que habían coloreado en casa. En la parte derecha de cada panel se puede observar una tira de color que indica la era a la que corresponde. Además, los paneles se situaron alrededor de los montajes correspondientes a la Tierra “infantil” (con chupete), “juvenil” (con gorra) y “adulto” (con corbata), correspondientes al Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico respectivamente. En primer plano se ve la pecera con el estrato rojo más antiguo antes de ser rellenado con los superiores.

zoico respectivamente (Fig. 3). Estas tres reconstrucciones siguen aún en la pared del aula que los estudiantes utilizan habitualmente.

Se asignó un color a cada una de estas eras (Paleozoico rosa, Mesozoico verde y Cenozoico amarillo) de manera que se pudiera correlacionar fácilmente con el mapa geológico de España, muy simplificado, que se incluyó en el material docente. Además, se prepararon unos pequeños “cortes” o “sondeos” con tres rocas de colores diferentes. Esto se realizó en una pecera para que se viera de manera colectiva (Fig. 3) y en vasos de plástico que cada uno de los estudiantes se pudo llevar a casa (Fig. 4). El objetivo era que vieran que la roca rosa se depositaba antes, y era por tanto más antigua, y que las superiores tenían que haberse depositado después. Por tanto, se trató de combinar las dimensiones espaciales y temporales refiriéndolas siempre al mismo sistema de referencia basado en los colores asignados a las eras.

#### La prueba de evaluación

Para evaluar el aprendizaje de estos conceptos, se realizó un examen rutinario dentro de la asignatura de Ciencias Sociales nada más finalizar la unidad didáctica. Este examen se centró principalmente en contenidos tratados explícitamente en el

material docente realizado por el centro de educación especial.

Por el contrario, en el presente trabajo tratamos de evaluar la significatividad del aprendizaje a medio-largo plazo. Para ello, hemos elegido los conceptos de tiempo geológico y evolución de la Tierra, que no fueron tratados de manera explícita ni en el material docente ni en las actividades. Queremos





Fig. 4. Vasos de plástico con tres estratos diferentes cuyos colores son similares a los relacionados con las eras geológicas y el mapa geológico simplificado de los apuntes utilizados en clase. Para conseguir un efecto más cercano a lo que conocen los estudiantes, se plantaron algunas semillas de trébol por encima para que el conjunto de estratos se asimilara a “lo que hay debajo del suelo”. Tapamos cada vaso con papel de periódico para que no se derramara arena durante el transporte hasta su casa.

analizar si la alineación de actividades tan diferentes (apuntes, recortables, fósiles, salidas de campo) puede despistar a los estudiantes o si, por el contrario, el aprendizaje del concepto general amplio que subyace se ha conseguido.

La prueba escrita ideada para esta evaluación repitió algunas de las preguntas realizadas en el examen del año anterior, con el objetivo de establecer la retención de conocimientos básicos, según el primer paso de la taxonomía de aprendizaje significativo de Fink (2003). También incluyó preguntas nuevas de carácter más abierto, más deductivo y menos memorístico, en las que los estudiantes pudieron expresarse con más amplitud y que, por tanto, permitieron

Tabla 1. Batería de preguntas que se ha utilizado para evaluar la retención de conocimientos a medio-largo plazo.

PREGUNTA	COMENTARIOS
1a. “¿Sabes cuál es la edad de la Tierra?”	La respuesta a esta pregunta estaba incluida en el material docente del curso pasado (ver figura 2c).
1b. “¿Crees que la Tierra es joven o vieja?”	Éste fue un tema de discusión propuesto en el material docente y realizado durante las clases (ver figura 2c).
1c. “¿Crees que la Tierra cambia al hacerse vieja?”	La respuesta a esta pregunta se ha tratado de manera implícita al comparar la evolución de la Tierra con la de los seres humanos, pero no se ha contestado de manera explícita en ningún momento. Para contestarla es necesario hacer una traslación de los conocimientos que se poseen en un campo (el crecimiento de las personas) a otro nuevo (la evolución de la Tierra).
2. Frases con espacios blancos para completar relacionando cada era geológica con una de sus características, por ejemplo, la formación de Pangea con el Paleozoico o la existencia de los dinosaurios con el Mesozoico.	Esta pregunta estaba incluida tanto en el material docente como en el examen del curso anterior por lo que la respuesta se puede considerar solamente memorística e incluye la retención de varios conceptos técnicos de grafía compleja como Pangea, Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico.
3. “En el pasado, todos los continentes se movieron y se separaron desde un único gran continente. ¿Crees que los continentes siguen moviéndose ahora?”	Al igual que en la cuestión 1c, la respuesta a esta pregunta se deduce de la comparación de la evolución de la Tierra con el crecimiento de los seres humanos. Para facilitar esta conexión, la pregunta va acompañada de los dibujos de la Tierra “infantil”, “juvenil” y “adulta” como se puede ver en la figura 8.
4. Cuadro con espacios blancos para completar que relaciona cada era geológica con un estadio de evolución de la Tierra (“bebé”, “joven” y “adulta”), y con el color que se les había asignado en las actividades anteriores.	Esta pregunta estaba incluida de manera literal en el material docente y el examen del curso pasado por lo que la respuesta supone una relación entre conceptos ya asentados en la memoria.

evaluar hasta qué punto se habían alcanzado los niveles de aplicación e integración según la citada taxonomía. Las preguntas están recogidas en la Tabla 1.

### La corrección de la prueba

Para los alumnos con discapacidad intelectual, y en concreto con Síndrome de Down, es esencial comprobar qué son capaces de realizar con ayuda o de una manera imperfecta, puesto que así se definen los márgenes de su zona de desarrollo próximo, es decir, lo que están capacitados para aprender o en vías de adquisición (Ruiz, 2001). Por ello, a la hora de evaluar los resultados de la prueba, se ha intentado matizar entre distintos grados de adquisición de conocimientos y de capacidad de interconexión de los mismos. Por eso hemos optado por hacer varias categorías a la hora de evaluar la prueba, tratando de ir más allá de discriminar únicamente entre respuestas correctas e incorrectas. Hemos valorado positivamente, por ejemplo, que al ser preguntados por un supercontinente del pasado contesten enumerando continentes actuales, puesto que existe una relación clara entre ambos conceptos. Por el contrario, no se valora si contestan con un nombre de era (un concepto temporal) al ser preguntados por el supercontinente, que corresponde a un concepto espacial.

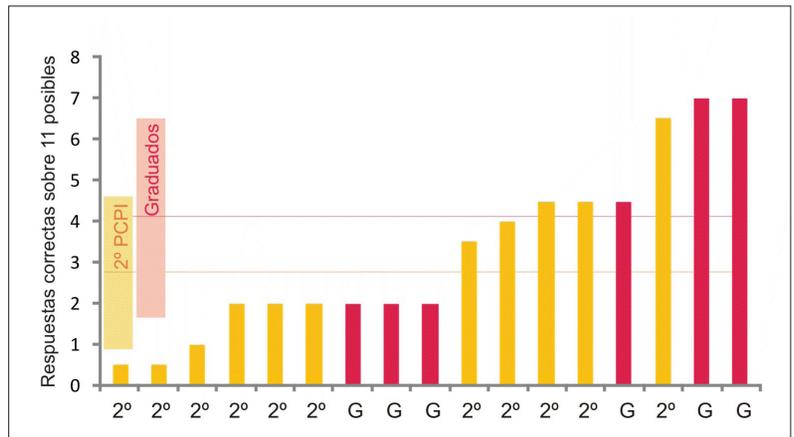
En cuanto a las preguntas más abiertas, cuyas respuestas requieren una mayor competencia lingüística, hemos tratado de comprender el sentido de lo que querían explicar, dados los problemas que estos alumnos suelen tener con la expresión hablada y escrita (Ruiz, 2001).

### RESULTADOS

En general, el grado de implicación en la tarea de responder el cuestionario fue muy alto. Sólo hubo un estudiante que dejó varias preguntas en blanco hacia el principio de la prueba pero luego se centró en la tarea y contestó las del final.

Una última pregunta de tipo afectivo relativa a qué les había gustado más de estudiar contenidos geológicos recibió respuestas bastante entusiastas del tipo (conservamos la grafía): “lo más me ha gustado estudiar es los animales marinos”, “Fósiles”, “a mi me gusta los fosiles”, “las rocas y la tierra los fosiles estrella de mar”, “a mi me gusta mucho de todos lo que mas me gusta los fosiles priema parte todos me a gustado mucho todas tareas”, “los fósiles y Buscarnos por la arena”, “Me gusta los fósiles y la tierra”, “me gusta de todo”.

En cuanto a los resultados objetivos, una evaluación sumativa de las pruebas escritas permite ver el nivel de éxito del aprendizaje en general (Fig. 5). Se puntuaron 11 subapartados en total (agrupados en 4 preguntas), asignando la misma importancia a todas las cuestiones. El resultado medio es de 3,3 respuestas correctas (desviación estándar de 2,1). Consideramos que el grupo de alumnos que ha contestado correctamente a más de tres preguntas retiene los conocimientos adquiridos de forma significativa un año después de realizar las actividades. Por niveles, los alumnos que en el momento de estudiar los contenidos estaban en 1º de PCPI (en el momento de realizar esta evaluación cursaban 2º curso, Fig. 5) presentan un resultado medio de 2,8+/-1,9 mientras que para los alumnos que estaban en 2º curso y durante la realización de esta evaluación ya están realizando prácticas profesionales (graduados en Fig. 5) el resultado medio asciende hasta 4,1+/-2,4. Aunque la distribución es bimodal para ambos grupos, la diferencia en los valores mínimos, máximos y medios parece significativa e indi-



ca que el aprendizaje fue mejor en los alumnos que cursaban el nivel superior.

Fig. 5. Número de respuestas correctas de todos los alumnos. Las líneas indican el valor medio y los rectángulos la desviación estándar respecto de la media de los dos grupos de alumnos: los que en el momento de la prueba de evaluación estaban en 2º curso de PCPI (2º) y los que ya se habían graduado (G).

### Resultados de la prueba de evaluación

A continuación comentaremos los resultados de cada pregunta individualmente.

La **pregunta 1** consta de 3 cuestiones relacionadas con el concepto de tiempo geológico, organizadas con un grado de abstracción creciente. Los resultados responden a este aumento de la dificultad. El porcentaje de respuestas acertadas disminuye al aumentar el grado de abstracción de la pregunta (Fig. 6). En la primera cuestión, cuya respuesta se basa totalmente en la capacidad memorística, sólo ha habido una respuesta correcta aunque con algún problema ortográfico (Fig. 6) y otra que incluye el concepto de “millones de años”. Además hay otras dos, inclui-

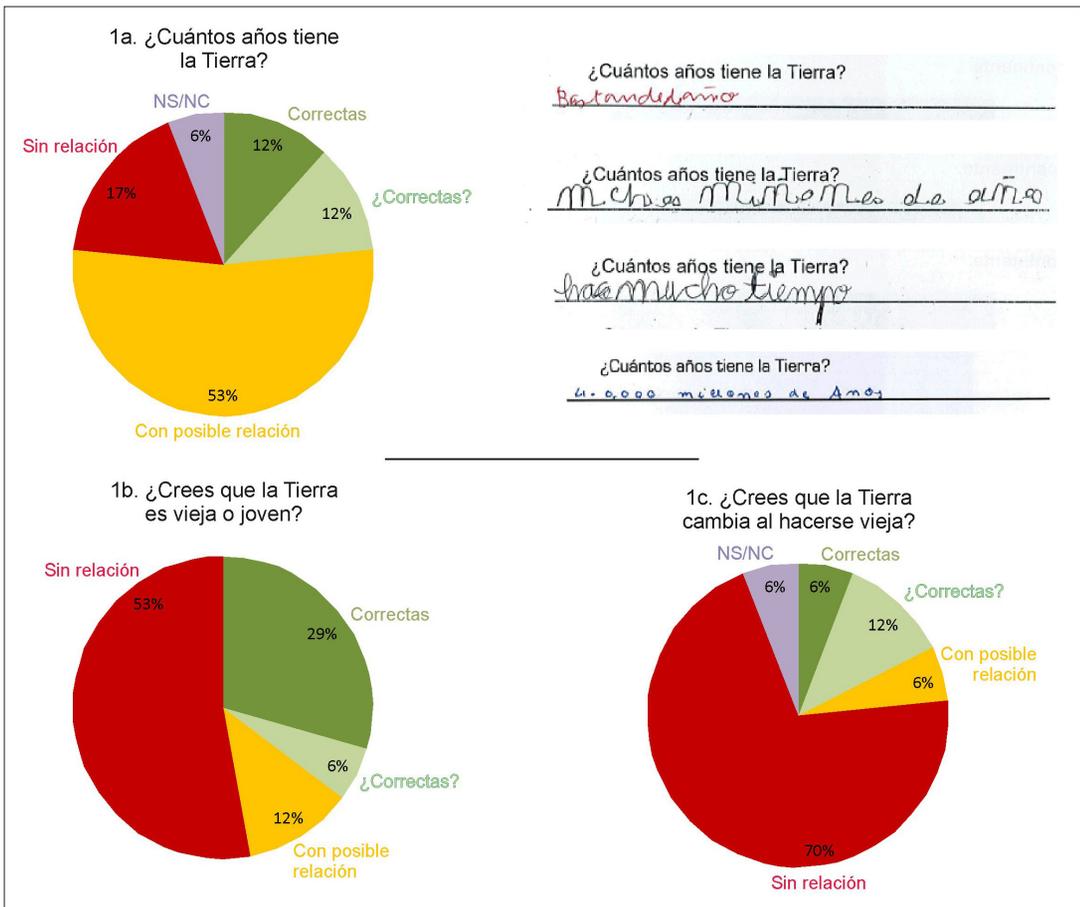


Fig. 6. Estadísticas de los resultados a las tres cuestiones de la pregunta 1 y algunos ejemplos de respuestas correctas y ¿correctas? a la primera cuestión sobre la edad de la Tierra.

das como respuestas “¿correctas?” que implican una gran cantidad de tiempo (ver respuestas en Fig. 6). En conjunto, entre respuestas “correctas” y “¿correctas?”, consideramos que el 24% de los estudiantes ha aprehendido el concepto de tiempo geológico (Fig. 6) como “una cantidad de tiempo mucho mayor que los periodos de tiempo cotidianos a los que estoy acostumbrado en otras facetas de mi vida”.

Dentro del apartado de respuestas “con posible relación” hemos incluido aquellas, la mayoría, que consistían en edades humanas mayores que las de los estudiantes. Pensamos que esto se puede deber al tema de debate que hubo en clase sobre “¿quién es más viejo, la Tierra o tú?” (ver Fig. 2c). Es muy probable que los estudiantes hayan retenido esta relación y hayan contestado con una edad mayor que la de ellos. Es muy común la respuesta de “25 años”, que es la que pueden tener sus hermanos mayores, y algunas que para ellos incluyen un matiz de ancianidad como “60 años”. También han sido relativamente comunes las respuestas que consistían en fechas, que creemos que pueden corresponder a fechas de nacimiento. Hemos incluido en el apartado de “con posible relación” aquellas que corresponden a fechas anteriores al nacimiento de los estudiantes y como “sin relación” las que corresponderían a su propia fecha de nacimiento (1994 ó 1996). Este tipo de respuestas personalistas relacionadas con la subjetividad y las vivencias del alumno son muy comunes en las personas con Síndrome de Down (Tunes et al., 2007).

La segunda cuestión, relacionada con la juventud o vejez de la Tierra, también se discutió explícitamente en sus clases y está incluida en sus materiales docentes. Aquí el número de respuestas correctas o probablemente correctas asciende al 47%. En la tercera cuestión, cuya respuesta requiere un mayor grado de abstracción para deducir la solución a partir de los datos anteriores, el porcentaje de respuestas correctas o probablemente correctas disminuye drásticamente aunque se mantiene en el 24% (Fig. 6). Es notable que la mayoría de las respuestas correctas o con cierta relación no consisten en un simple “sí” sino que están redactadas con una compleja expresión gramatical como “hacerse cambia de joven” o “un bebe”. Sin embargo, las respuestas incorrectas suelen limitarse a un escueto “no”. Parece claro que el problema de expresión lingüística que presentan estos estudiantes (Calero García et al., 2010) se acentúa al tratar de responder a una pregunta abstracta compleja. Creemos que esto hace que, curiosamente, las respuestas aparentemente más deslavazadas correspondan a los alumnos que mejor han comprendido la pregunta y el concepto abstracto.

La formulación de la **pregunta 2** es diferente y su contestación es más memorística (Fig. 7) puesto que estaba incluida tanto en el material docente como en el examen de curso. Sin embargo, la dificultad de esta pregunta estriba en que requiere recordar términos geológicos de grafía compleja y que mezcla

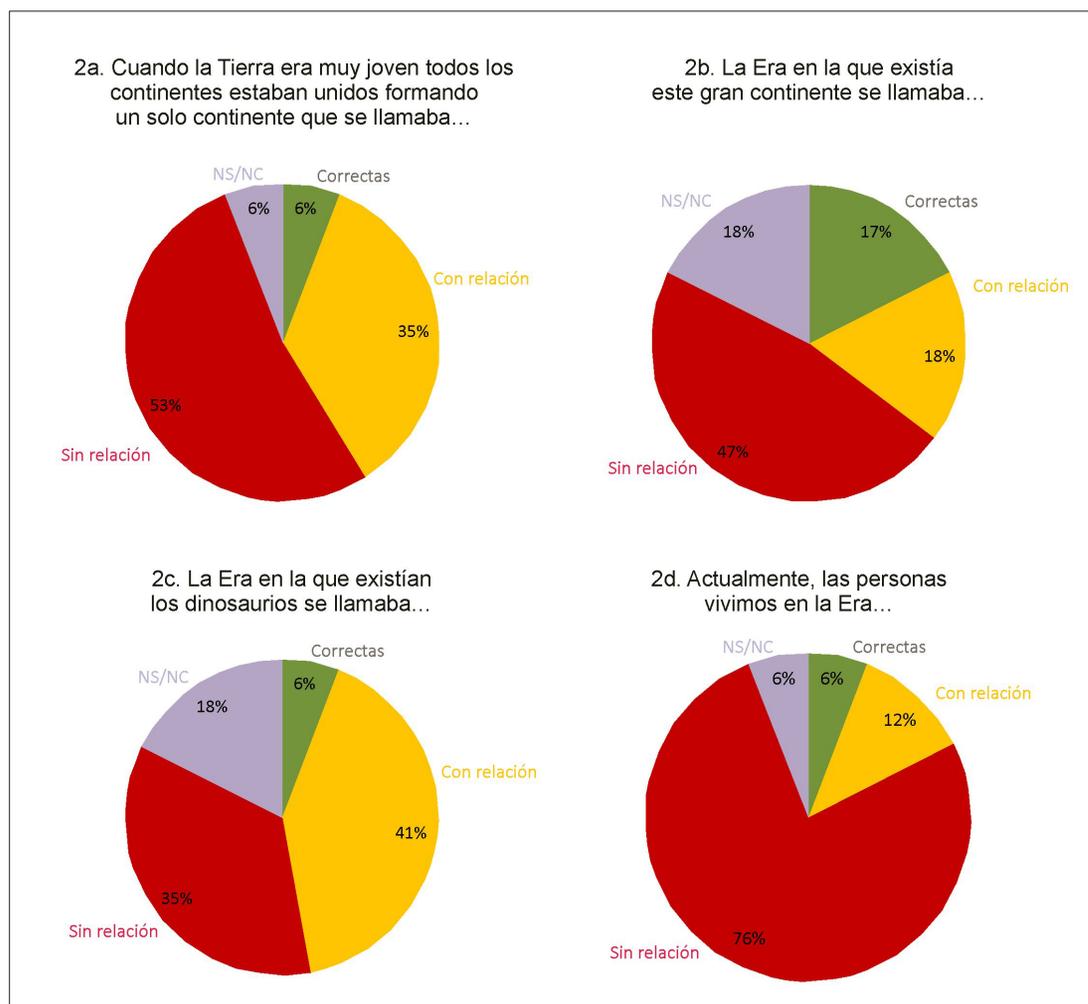
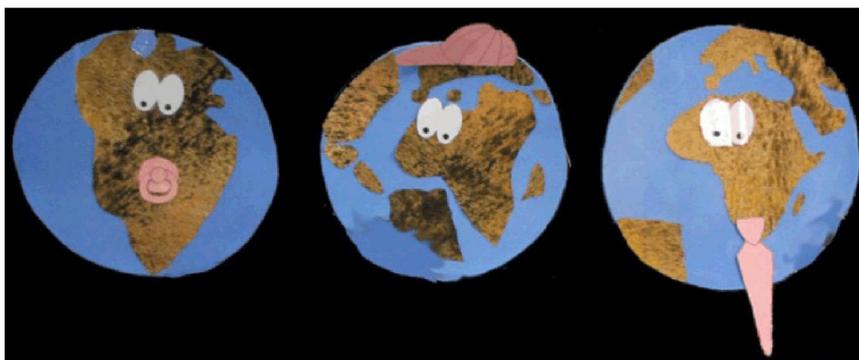


Fig. 7. Estadísticas de las respuestas a la pregunta 2. Hemos contabilizado como respuestas “con relación” aquellas que se refieren a conceptos espaciales cuando la pregunta estaba relacionada con el supercontinente (por ejemplo, continentes actuales) y a conceptos temporales cuando la pregunta se refería a las eras geológicas.

Pregunta 3. En el pasado, todos los continentes se movieron y se separaron desde un único gran continente.



¿Crees que los continentes siguen moviéndose ahora?

*haz que sí sigue moviéndose*

¿Crees que los continentes siguen moviéndose ahora?

*He de que no*

¿Crees que los continentes siguen moviéndose ahora?

*están quietos*

¿Crees que los continentes siguen moviéndose ahora?

*No porque hace tiempo que no sigue moviéndose*

¿Crees que los continentes siguen moviéndose ahora?

*No se movían en la época*

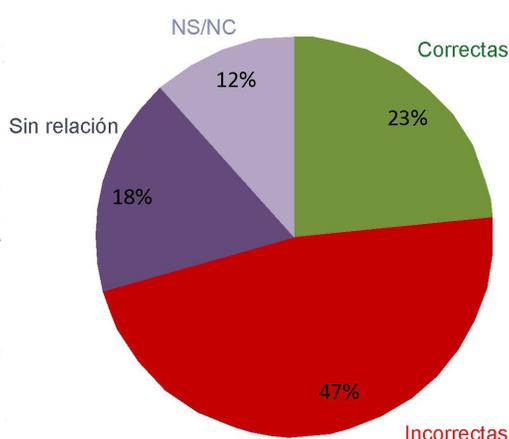


Fig. 8. Planteamiento de la pregunta 3 sobre el movimiento actual de los continentes, algunos ejemplos de respuestas de los estudiantes y estadísticas de los resultados.

conceptos espaciales (tales como Pangea) con otros temporales (tales como las eras geológicas). Éste parece ser un obstáculo bastante grande para estos alumnos.

En la primera parte, en la que se pedía recordar el nombre de Pangea, sólo ha habido una respuesta correcta, mientras que la mayoría de los alumnos han contestado enumerando los continentes actuales o simplemente aquél en el que viven. Estas respuestas se han considerado como “con relación”. Las tres cuestiones siguientes tratan sobre las eras geológicas. Aquí el nivel de aciertos ha subido ligeramente (Fig. 7). Sin embargo, lo más reseñable es que muchos de los alumnos recordaban los nombres de las eras (con errores en la grafía, como era de esperar), aunque las han colocado en el lugar erróneo. Hemos contabilizado como “con relación” las respuestas incorrectas que se referían a otras eras geológicas o incluso a etapas prehistóricas como el Paleolítico. Como ejemplo de respuestas “sin relación” podría valer la de dos alumnos que han contestado “todos los continentes estaban unidos formando un solo continente que se llamaba ASUSTADO” y “la era en la que existían los dinosaurios se llamaba PASATIEMPO”.

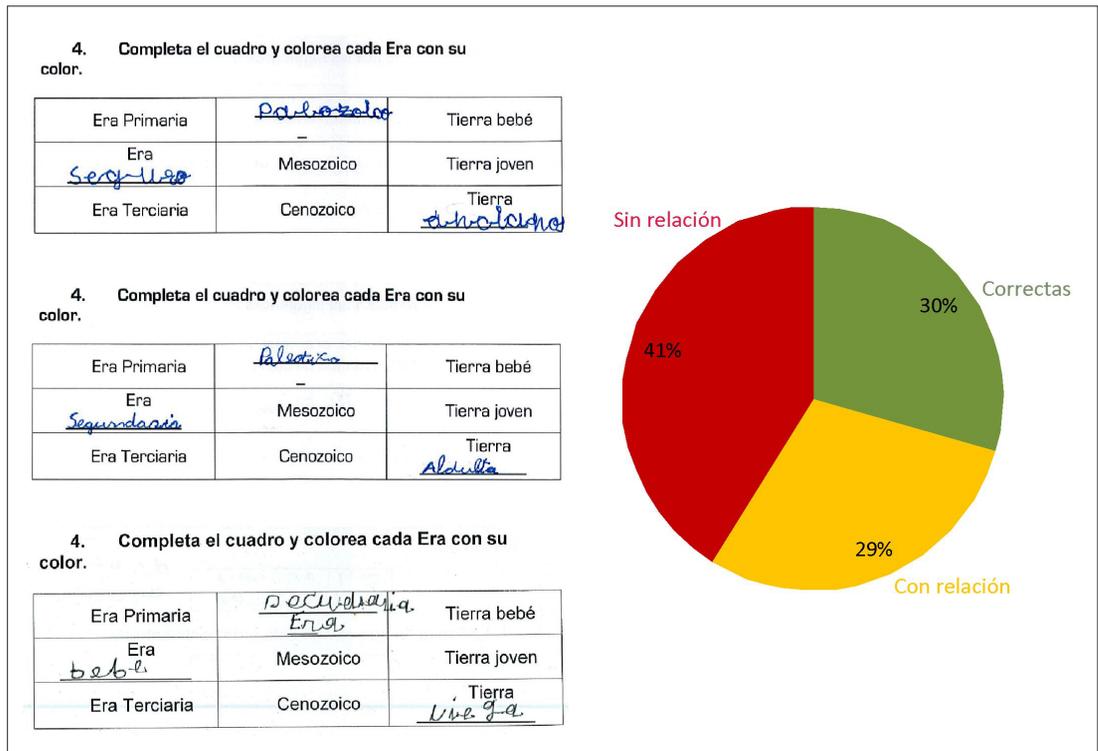
Los enunciados de las frases incompletas de la pregunta 2 proporcionaban información para contestar a la **pregunta 3**. Por ejemplo, la cuestión 2a “cuando la Tierra era muy joven” unida a la siguiente cuestión que se refiere a eventos pasados y a la última “actualmente, las personas vivimos en la

era “sugieren una idea de continuidad en la dinámica terrestre. De ellas se puede deducir la respuesta a la pregunta 3 (Fig. 8), que no se había tratado de manera explícita en ningún momento de las actividades. Es decir, si los continentes se han movido en el pasado y la Tierra evoluciona igual que un ser humano crece, no es ilógico pensar que sigan moviéndose en la actualidad. Las respuestas correctas a esta pregunta se deberán únicamente a la capacidad deductiva de los alumnos y nos pueden aportar información sobre la capacidad de abstracción de este grupo de estudiantes en concreto.

El 23% de los alumnos respondió correctamente que los continentes siguen moviéndose en la actualidad. Además, un alto porcentaje de estudiantes ha elaborado respuestas largas de manera que se comprueba que han comprendido la pregunta aunque la respuesta haya sido errónea (Fig. 8). Como en el caso de la cuestión 1c, cuanto mayor grado de abstracción presenta la pregunta, más desordenado aparece el lenguaje de la respuesta.

Por último, el cuadro de la **pregunta 4** servía para reforzar la correlación entre el crecimiento del ser humano y la evolución de la Tierra. Además, se intentaba insistir en la relación de cada era con su color correspondiente (Fig. 9). El porcentaje de respuestas correctas es bastante elevado (30%) y más si se añaden las que se han considerado como “con relación” (59%): aquéllas en que se recordaban los colores aunque desordenados o se incluían algunas palabras como “Tierra vieja”. Sin embargo, ningun-

Fig. 9. Algunas respuestas a la pregunta 4 consideradas correctas y estadística de los resultados.



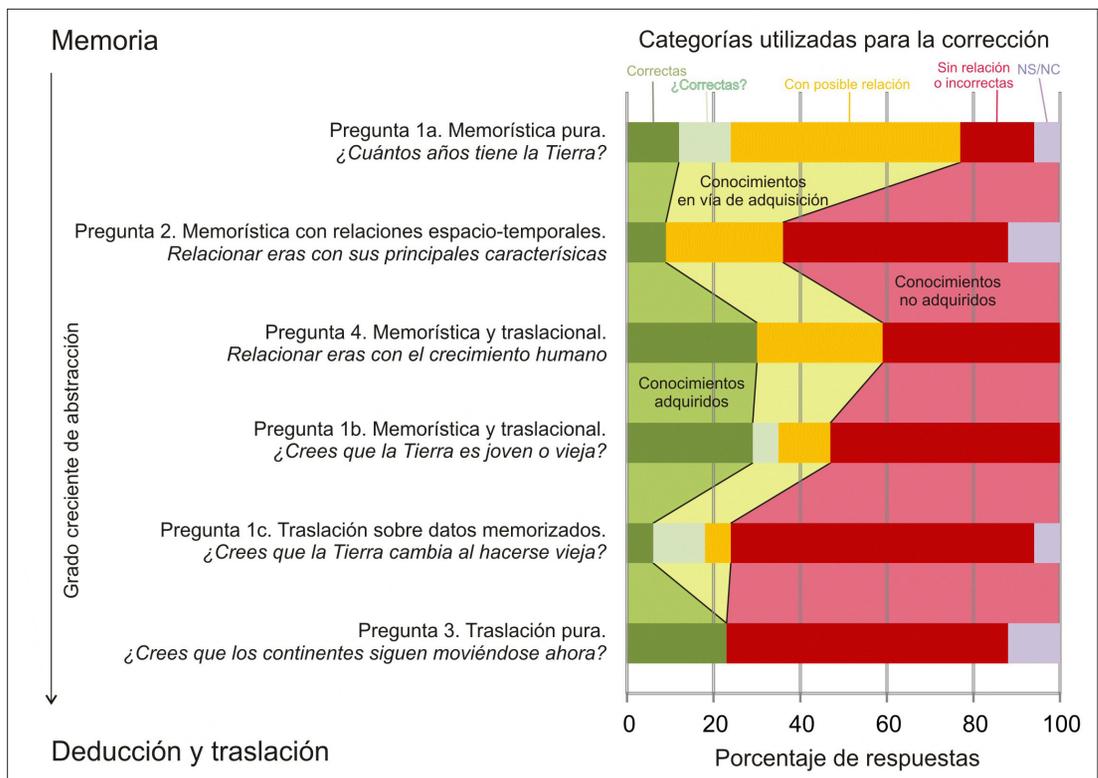
no de los estudiantes recordaba correctamente los colores asignados a cada era y las respuestas más correctas (ver Fig. 9) no han incluido ningún color.

**Resultados en función del tipo de pregunta**

El porcentaje de respuestas perfectamente correctas se mantiene relativamente estable en el rango comprendido entre 6 y 30%, sin aparecer una clara relación entre el tipo de pregunta y el grado de aciertos. Por ejemplo, la pregunta 1b “¿Crees

que la Tierra es joven o vieja?” obtuvo un 29% de respuestas correctas mientras que la pregunta 1c, aparentemente muy similar, sólo cosechó un 6% de respuestas correctas. Sin embargo, el porcentaje de respuestas objetivamente incorrectas (incluyendo las dejadas en blanco) varía mucho más, entre el 23 y el 77% (Fig. 10). Esta variación sí parece presentar una relación con el grado de abstracción necesario para contestar cada tipo de pregunta. La figura 10 representa en un diagrama de barras

Fig. 10. Variación en el porcentaje de respuestas correctas e incorrectas en función del grado de abstracción necesario para contestar cada tipo de pregunta. Las categorías definidas durante la corrección de la prueba de evaluación pueden permitir definir campos en función del nivel de adquisición de los conocimientos.



los porcentajes de respuestas asignados a cada categoría para todas las preguntas. Éstas se han organizado en el eje de abscisas con un grado de abstracción creciente, partiendo de la pregunta 1a, cuya respuesta se basaba solamente en la memoria, hasta la pregunta 3, cuya respuesta se deducía por traslación de conocimientos. El porcentaje de respuestas incorrectas o sin relación con la pregunta parece presentar una relación directa con el grado de abstracción de la cuestión, de acuerdo con lo esperado según otros autores (Flórez y Ruiz, 2006). La única excepción a esta norma es la pregunta 2, que relaciona conceptos espacio-temporales y que, probablemente debido a la desorientación que estos alumnos sufren en estos ámbitos (Flórez y Ruiz, 2006), presenta menor porcentaje de aciertos de lo que sería esperable.

## VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS

Es posible que, en una primera lectura, los resultados de la prueba de evaluación puedan parecer pobres. Un total de 3 respuestas correctas sobre 11 no parece una media que permita ser muy optimista. Sin embargo, nos parecen resultados prometedores teniendo en cuenta el tipo de prueba escrita, la dificultad de las preguntas de carácter abstracto y deductivo, y el tiempo transcurrido desde las actividades y el estudio de los contenidos. Estos resultados establecen un punto de partida que nos permitirá mejorar las actividades futuras, adaptándolas a las capacidades del alumnado de este nivel académico dado que no se trata de una actividad anecdótica, sino que tiene continuidad temporal al estar incluida en la programación formal de su centro de estudios.

Los resultados de estas pruebas nos confirman que algunos de ellos, entre la cuarta parte y la mitad del grupo, han consolidado conocimientos geológicos significativos a largo plazo. Dado que estos conocimientos no se basan meramente en su capacidad memorística, el aprendizaje se puede considerar significativo en tanto en cuanto ha modificado sus conceptos anteriores. En cuanto a los que no han retenido tantos conocimientos o no han sido capaces de aplicarlos a problemas concretos, consideramos que no es extraño, dadas las dificultades de conceptualización, abstracción y generalización que presentan estos alumnos (Flórez y Ruiz, 2006). En estos casos, las actividades han cumplido la misión de servir de entrenamiento de su memoria visual y auditiva, del estudio sistemático, así como para enriquecer su vocabulario y favorecer la comunicación espontánea (Flórez y Ruiz, 2006). Además, está demostrado que todas estas aptitudes mejoran objetivamente a través del entrenamiento, especialmente con actividades que les motiven (Calero García et al., 2010), como parece ser el caso.

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y PROPUESTAS DE MEJORA

Sólo el 24% de los estudiantes ha comprendido y retenido el concepto de tiempo geológico. La inmensa mayoría sólo se ha quedado con el concepto personalista de que la Tierra es más vieja que

ellos. Esta característica subjetiva/personalista es difícil de erradicar en los estudiantes con Síndrome de Down aunque se intente con un entrenamiento específico (Tunes et al., 2007). En cualquier caso se podría mejorar la enseñanza de este concepto de manera que se incidiera en la enorme diferencia de escala temporal entre las edades humanas y la de la Tierra.

El 23% ha deducido que los continentes siguen moviéndose en la actualidad a partir de otros datos. Valoramos este resultado como muy positivo ya que esta información no se les había proporcionado durante el estudio. Aun así, convendría insistir en este concepto (un 75% no lo sabe en la cuestión 1c, y lo niega en la pregunta 3) puesto que el conocimiento de la dinámica actual de la Tierra es un marco necesario para encuadrar conocimientos futuros incluidos en su currículum, especialmente todos los relacionados con riesgos geológicos.

El término Pangea sólo ha aparecido en una de las respuestas, en este caso de manera correcta. Se podría interpretar que la idea de un supercontinente les es totalmente ajena. Sin embargo, han retenido en un porcentaje mucho más alto los nombres de las eras geológicas. Aunque el nivel de aciertos exactos no lo refleje, los nombres de todas las eras han aparecido dispersas por las distintas preguntas, en varios casos de manera correcta y en otros de manera descolocada. *A priori* pensábamos que la pregunta que iba a tener más porcentajes de aciertos era la que se refería a la era en que existieron los dinosaurios, por ser un tema que les motiva mucho, pero la pregunta con mayor nivel de aciertos ha resultado ser la que relacionaba el Paleozoico con la existencia del supercontinente. Desconocemos si esto se debe a que es la primera pregunta que se refiere a las eras y por tanto han contestado con la primera era que aprendieron. Para comprobar esto, en el futuro habría que preguntar por las eras de manera desordenada. Pensamos que este tipo de ejercicios que correlacionan espacio y tiempo pueden ser muy útiles como entrenamiento para paliar la desorientación espacial y temporal ya citada en este tipo de alumnado (Flórez y Ruiz, 2006). La historia de la Tierra presenta un gran potencial y atractivo para ello.

Nos ha resultado llamativa la ausencia de colores en el cuadro de la pregunta 4, aunque se pedían de manera expresa en el enunciado. Las respuestas se han dividido en tres grupos: los alumnos que no han añadido ningún color al cuadro, que coinciden con aquéllos que han realizado las respuestas más correctas, los que han añadido los tres colores que se pedían pero de manera desordenada, y los que han coloreado todos los cuadros de manera creativa y estética. No esperábamos este resultado puesto que era una relación que se había repetido numerosas veces en diversas actividades y se considera que la memoria visual de los alumnos con Síndrome de Down es uno de sus puntos fuertes (Flórez y Ruiz, 2006). Esta falta de correlación entre las eras y sus respectivos colores puede deberse a que están muy acostumbrados a dejar volar la imaginación en el dibujo y a que los colores pierden dentro de esa creatividad el sentido que pretendíamos asignarles. Este mismo grupo de estudiantes ha demostrado en otras actividades sobre mineralogía realizadas posteriormente

que no sienten la necesidad de pintar los minerales con el color que presentan en la realidad, y que no consideran el color como un criterio distintivo.

Por otra parte, esta pregunta incluía la relación entre el crecimiento humano y la evolución de la Tierra. Entre el 30 y el 60% de los estudiantes ha asumido esta relación aunque quizá no en toda su profundidad como se ve por las respuestas de las preguntas 1c y 3 (un 75% niega que los continentes se muevan en la actualidad y que la Tierra cambie al hacerse vieja). Esto era esperable puesto que los alumnos con Síndrome de Down tienen dificultades para trasladar lo que aprenden en un determinado contexto a otro diferente (Ruiz, 2003).

Como mejora general, el equipo de trabajo deberá evaluar cuáles deben ser los objetivos concretos futuros. Si se pretende que el grupo de estudiantes retenga más información sobre el tiempo geológico será necesario hacer una secuenciación más detallada de los contenidos que consideremos imprescindibles. Por el contrario, quizá sea mejor continuar con este tipo de enseñanza que les empuja a utilizar capacidades de abstracción superior aunque no retengan tantos datos memorísticos. Puede ser adecuado trabajar estas aptitudes y este tipo de aprendizaje con estos contenidos puesto que les motivan, aunque no les son absolutamente necesarios para su vida cotidiana. De hecho, algunos autores muy pragmáticos y perfectamente conocedores de la problemática no incluyen los conocimientos científicos entre los que se deberían trabajar con alumnos con Síndrome de Down (Ruiz, 2003) sino que ponen énfasis en los conocimientos de aplicación inmediata en su vida cotidiana para mejorar su autonomía. Por otra parte, está comprobado que las expectativas que se establezcan sobre la evolución de estos alumnos determinarán en gran medida el grado de desarrollo que van a alcanzar en la realidad (Flórez y Ruiz, 2006). Es decir, si no intentamos enseñarles conceptos complejos de manera integral y deductiva, nunca los obtendrán. Y dada su escasa iniciativa y baja tendencia a la exploración (Flórez y Ruiz, 2006) son contenidos que ellos nunca buscarán por sí mismos, por lo que parece tarea de la escuela proporcionárselos.

En cuanto al método de evaluación, la realización de una prueba escrita con preguntas abiertas nos parece adecuada puesto que permite matizar el grado de comprensión. Sin embargo, las personas con Síndrome de Down presentan carencias a la hora de explicar o describir y su nivel lingüístico va claramente por detrás de la capacidad social y de su inteligencia general. Además, tienen mejor nivel de lenguaje comprensivo que expresivo, siendo la diferencia entre uno y otro especialmente significativa. Les cuesta transmitir sus ideas y en muchos casos saben qué decir pero no encuentran cómo decirlo (Flórez y Ruiz, 2006). Por lo tanto, quizá se podría buscar algún método alternativo o complementario para futuras evaluaciones.

## CONCLUSIONES

Una evaluación escrita realizada entre 14 y 16 meses después del aprendizaje ha demostrado que entre la cuarta parte y la mitad de un grupo de estu-

diantes con discapacidad intelectual ha consolidado conocimientos geológicos significativos a medio-largo plazo y ha sido capaz de relacionarlos entre sí y realizar deducciones. Esto demuestra que en este grupo ha habido una significatividad del aprendizaje según la perspectiva constructivista. Estos resultados son prometedores teniendo en cuenta el tipo de prueba escrita, la dificultad de las preguntas de carácter abstracto y deductivo, y el tiempo transcurrido desde las actividades y el estudio de los contenidos, y nos servirán como punto de partida para mejorar las actividades futuras y adaptarlas a las capacidades de los alumnos de este nivel académico.

Para cualquier persona, la principal dificultad para imaginar el tiempo geológico estriba en la enorme diferencia entre las escalas temporales humana y geológica. En el caso concreto de este grupo de estudiantes con discapacidad intelectual esa dificultad se ha metamorfoseado en un concepto personalista/subjetivo simple de que la Tierra es más vieja que ellos. La correlación de la evolución de la Tierra con el crecimiento de un ser humano ha conseguido cristalizar en 1 de cada 4 estudiantes pero para los demás la traslación entre un contexto y otro ha sido incompleta. Por último, la desorientación espacio-temporal que en general sufren estos estudiantes dificulta enormemente la reconstrucción de los acontecimientos geológicos pasados. Sin embargo, creemos que la historia de la Tierra presenta un gran potencial para entrenar todas estas carencias y además es atractiva para ellos. Por último, las dificultades lingüísticas no han supuesto una barrera infranqueable, dado que se pueden mejorar mediante la repetición y la paciencia y la buena intención en la corrección de las pruebas.

## Agradecimientos

El equipo multidisciplinar que ha ideado, planificado y desarrollado estas actividades involucra a todos los colectivos de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid (profesores, personal técnico y estudiantes de grado y máster), a investigadores y a profesionales de otras instituciones (Universidad Politécnica de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas e Instituto Geológico y Minero de España), así como a profesores y estudiantes del Centro de Educación Especial María Corredentora. Vaya nuestro agradecimiento a todas estas instituciones así como a todas las personas que forman parte del proyecto Geodivulgar. Agradecemos también a Omid Ferashaki y a dos revisores anónimos sus sugerencias para mejorar el manuscrito original. Estas actividades han sido financiadas con el PIMCD 2013-7 y PIMCD 2014-31 de la Universidad Complutense de Madrid.

## BIBLIOGRAFÍA

Calero García, M.D., Robles Bello, M.A. y García Martín, M.B. (2010). Habilidades cognitivas, conducta y potencial de aprendizaje en preescolares con síndrome de Down. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 8(1), 87-110.

Castilla, G., Fesharaki, O., Hernández Fernández, M., Montesinos, R., Cuevas González, J. y López Martínez, N.

(2006). Experiencias educativas en el yacimiento paleontológico de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14.3, 265-270.

Ciencia Sin Barreras ONG (2014). <https://www.facebook.com/cienciasinbarreras> [Consulta 5-sept-2014]

Fink, L. D. (2003). *Creating significant learning experiences: An integrated approach to designing college courses*. Ed. Jossey-Bass, San Francisco, 320p.

Flórez J. y Ruiz E. (2006). *Síndrome de Down*. En: Síndromes y apoyos. Panorámica desde la ciencia y desde las asociaciones. (Ed.: Confederación Española de Organizaciones a Favor de las Personas con Discapacidad Intelectual o del Desarrollo, FEAPS). FEAPS, 8, 47-76.

García Frank, A., Canales, M.L., Gómez-Heras, M., González Acebrón, L., Hontecillas, D., del Moral, B., Muñoz-García, M.B. y Sarmiento, G.N. (2013). *Geodivulgar: una nueva experiencia para la divulgación de la Geología entre alumnos con necesidades educativas especiales por discapacidad intelectual*. En: XX Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Eds.: I. Rábano y A. Rodrigo), pp. 124-125.

García Frank, A., Pérez Barroso, R., Espín Forjan, B., Benito Manjón, P., de Pablo Gutiérrez, L., Gómez-Heras, M., Sarmiento, G.N., Canales Fernández, M.L., González Acebrón, L., Muñoz García, M.B., García Hernández, R., Hontecillas, D., Ureta Gil, M.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*, 10. *Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula*: 63-74.

Gómez-Heras, M., Gonzalo Parra, L., García Frank, A., Sarmiento, G.N., González Acebrón, L., Muñoz García, M.B., García Hernández, R., Hontecillas, D., Ureta Gil, M.S. y Canales Fernández, M.L. (2014). Geología para sordociegos: una experiencia multisensorial para la divulgación de la

ciencia. *Serie El CSIC en la Escuela*, 10. *Investigación sobre la enseñanza de la ciencia en el aula*: 51-62.

Martínez-Frías, J. (2014). ¿Sabías que en España se organizó un Curso de meteoritos para personas con discapacidad? *Eventos* (enero 2014) <http://www.icog.es/redespa/index.php/sabias-que-en-espana-se-organizo-un-curso-de-meteoritos-para-personas-con-discapacidad/> [Consulta 4-sept-2014]

Medina, J., Rebelo, D., Morgado, M., Monteiro McDade, G., Bonito, J., Martín, L. y Marques, L. (2013). Una contribución para la educación de la ciudadanía: el tiempo geológico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21.1, 38-47.

De la Ossa, L., Tejedor Navarro, N. y Fesharaki O. (2012). Experiencias durante la construcción de un diorama del Mioceno de Somosaguas por parte de alumnos con necesidades educativas especiales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20.3, 290-296.

Ruiz, E. (2001). Evaluación de la capacidad intelectual en personas con Síndrome de Down. *Revista Síndrome Down*, 21, 134-149.

Ruiz, E. (2003). Adaptaciones curriculares individuales para los alumnos con síndrome de Down. *Revista Síndrome de Down*, 20, 2-11.

Tunes, E., Barbosa Alves de Souza, C., Pfeiffer Flores, E. y Gonzaga Silva, E. (2007). Generalización y abstracción en la adquisición de conceptos cotidianos y científicos en personas con síndrome de Down. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, 59.1, 51-61.

<http://geodivulgar.blogspot.com.es/> [Consulta: 15 de julio de 2014]■

*Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 15 de septiembre de 2014 y aceptado definitivamente para su publicación el 26 de abril de 2015.*