Desempeño en el uso de pruebas en la resolución de un problema auténtico en geología.

Sara Gracia Carbajo y Bravo Torija Beatriz.

Dpto. Didáctica de Ciencias Experimentales. Universidad de Santiago de Compostela.

1. INTRODUCCIÓN

Desde que en 2006 la Unión Europea (EU, 2006) propuso las competencias básicas como un eje del aprendizaje, en particular la competencia científica o competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico (MEC, 2007), tanto los docentes como los investigadores han dirigido su trabajo a la promoción del desarrollo de ésta competencia. Por todo ello consideramos necesario llevar a cabo trabajos en los que se profundice en el estudio de las operaciones que forman parte de éstas competencias científicas, identificando las dificultades del alumnado y proponiendo nuevas actividades para solventarlas. Consecuentemente el objetivo de nuestro estudio es analizar las destrezas del alumnado en distintas operaciones en el uso de pruebas como: identificar las pruebas relevantes en función de la cuestión planteada, coordinar las pruebas con los modelos teóricos, y respaldar sus conclusiones en base a las pruebas disponibles.

2. COMPETENCIA CIENTÍFICA: USO DE PRUEBAS. PROBLEMAS AUTÉNTICOS. APRENDIZAJE DE LA GEOLOGÍA.

Con nuestro trabajo, pretendemos profundizar en el estudio del desempeño de los estudiantes en las distintas operaciones del uso de pruebas utilizadas durante la resolución de un problema auténtico, en este caso la construcción de una carretera. Para dar solución a un problema el investigador deberá identificarlo como tal, aplicar sus conocimientos y evaluar con ellos la idoneidad de sus conclusiones, es decir, lo que para PISA es ser competente científicamente (Jiménez Aleixandre 2003). Dentro de esta competencia nosotros examinamos el desempeño en el uso de pruebas por el alumnado, como parte necesaria para adquirir la Competencia Científica. Como explican Jiménez Aleixandre, Bravo y Puig (2009), *"para poder utilizar de forma adecuada las pruebas*

es necesario tanto un conocimiento básico como un contexto adecuado donde a través de la participación discursiva el alumno aprenda a construir argumentos apoyados en ellas". Para ello enfrentamos al alumnado a un problema auténtico, la construcción de una carretera, ya que nos parece que este tipo de problemas se caracterizan por ser problemas complejos, en los que no hay una solución verdadera, sino que es necesario evaluar las distintas alternativas en base a las pruebas e informaciones disponibles y decidir cuál es la solución más adecuada. Es decir, en este tipo de problemas el proceso de resolución es tan importante como la solución final (Jiménez Aleixandre 2003).

En el proceso de resolución los alumnos deberán: 1) identificar e interpretar estas pruebas, lo harán de distinta forma según sus conocimientos previos; 2) establecer un discurso argumentativo y persuasivo dentro de cada grupo; y 3) llegar a una conclusión acorde a las pruebas disponibles. Así y de acuerdo con Jiménez Aleixandre (1998), mediante la resolución de problemas también fomentamos la competencia argumentativa, ya que en la actividad pedimos explícitamente que las conclusiones sean evaluadas mediante explicaciones justificadas que den consistencia a la opción escogida. Aunque el uso de pruebas es una práctica integrada en las competencias científicas, no es un proceso intuitivo ni obvio para el alumnado, debe enseñarse y entrenarse, y lleva asociadas una serie de dificultades (Jiménez Aleixandre, 2010).

Escogimos el área de la geología porque es una de las menos exploradas por la investigación educativa y a la que se destina menor tiempo en el día a día del aula. Consideramos que, combinando la resolución de problemas con el conocimiento de la geología, podríamos, además de examinar las operaciones relacionadas con el uso de pruebas, explorar cómo el alumnado es capaz de coordinar las pruebas proporcionadas en la actividad con teoría, como la escala de Mohs, abordada en actividades anteriores.

3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

La metodología empleada es el estudio de caso, ya que nuestro interés estaba centrado en lo que hacen y dicen los alumnos en el aula. Y para el análisis del contenido utilizamos el análisis de discurso. La recogida de datos se realizó mediante una prueba

escrita y grabaciones de audio de los alumnos inmersos en la resolución del problema, un problema autentico de geología.

3.1. Participantes y contexto.

La actividad se desarrolló con doce alumnos de primero de bachillerato de un instituto rural de secundaria de Galicia. Los alumnos cursaban la materia de "Bioloxía e Xeoloxía". Para la realización de la actividad se dividieron en cuatro pequeños grupos y se anañizó tanto el debate oral como la respuesta escrita final.

Mediante el análisis y articulación de una serie de datos debían responder a la pregunta: *"¿Cuál piensas que será la roca más adecuada para construir la capa superior de una carretera?"*.

3.2. Herramientas de análisis.

Para la clasificación de las operaciones del uso de pruebas, durante la realización de la actividad, en distintos niveles de complejidad, nos basamos en la clasificación elaborada por PISA (OCDE, 2009) en la que se distinguen 6 niveles de complejidad. Elaboramos una respuesta de referencia propuesta por las investigadoras.

4. RESULTADOS

Se analizan los resultados según las operaciones relacionadas con el uso de pruebas que utilizan los estudiantes, de mayor a menor complejidad, desde evaluar diferentes alternativas basándonos en las pruebas disponibles, hasta interpretar información proporcionada por la actividad. Para esta clasificación nos basamos en el Informe PISA (OCDE, 2009). Esta clasificación establece seis niveles de desempeño. Nosotros la adaptamos a nuestra tarea y clasificamos las operaciones en el uso de pruebas realizadas por los distintos grupos durante la resolución de la actividad. Escogimos basarnos en esta clasificación debido a que consideramos que los niveles propuestos por PISA, son relevantes ya que está elaborado a partir de los datos obtenidos de una muestra internacional de un gran número de alumnos.

Además consideramos las operaciones de relacionar los datos con teoría e interpretar datos provenientes de distintos conjuntos de datos, a mayores de las recogidas en PISA.

Para el análisis de las respuestas escritas se toman las respuestas de los cuatro grupos, a pesar de en el análisis de las transcripciones sólo se eligieron dos por criterio del investigador, ya que el grupo 4 no autorizó la grabación y el grupo 1 estuvo poco participativo.

Los resultados obtenidos mostraban que los alumnos a pesar de ser capaces de realizar operaciones complejas como obtener conclusiones y justificarlas en base a los datos que tienen, encuentran obstáculos en la realizaciones de otras relacionar datos entre sí e interpretarlos. Este resultado coincide con el de otros estudios que demuestran los obstáculos que encuentra el alumnado para interpretar datos, relacionarlos entre sí o articularlos con teorías para obtener conclusiones y justificarlas. A modo de ejemplo presentamos algunos fragmentos del discurso analizado:

Interpretar información:

Grupo 2- Este grupo tiene problemas al interpretar correctamente las informaciones que les aporta la actividad y en algunos momentos ignoran datos.

4 MARIA- …vale, pues empezamos. Coge el granito (granito de dos micas). A ver, ¿cómo sabemos si es deslizante?
5 MARTA-porque resbala.
6 MABEL- para que se pueda agarrar a la roca (los coches), no resbalen va, ella los frena ¡va!

Grupo 3- El grupo 3 no presenta ningún problema a la hora de interpretar la información que se le da.

8 ANDREA-tamaño del grano menor de dos milímetros, los trocitos de piedra de que se compone son grandes, mayores de dos…
9 ANA-entonces a ver ¿cómo sé si son mayores de dos?
10 ANDREA-a ver, es algo valorado. Si te fijas las piedras pequeñitas estas que están por aquí son mayores de dos milímetros.
11 ANA-entonces ¿ésta también?
12 ANDREA-no, esa no, esa es menor
13 ANA-vale, entonces mayores de dos milímetros. Y la dureza entonces ¿cómo es?, rosa resistente…

En el ejemplo, Andrea interpreta la información (turno 8) y además ayuda a sus compañeras, ayuda entre pares, Ana (turno 9) no sabe cómo interpretar el tamaño mayor de dos y Andrea (turno 10) se lo explica según la respuesta de referencia. Al igual que sus compañeras del grupo 2 lo hace con un lenguaje coloquial.

Obtener conclusiones:

En general los cuatro grupos estudiados obtienen conclusiones sin llegar a justificarlas.

Grupo 2- saca conclusiones erróneas a lo largo de la actividad, según la respuesta de referencia.

> *69 MARIA-mármol ahora. A ver, vamos a ver, roca porosa…no, esto no tiene poros*
> *70 MABEL-no, no tiene poros…*
> *71 MARIA-no porosa (escribe), asfalto se adhiere a esto…!ni de coña!*

Grupo 3- saca conclusiones acordes a la respuesta de referencia durante la actividad. En este ejemplo del grupo 3 Ana se levanta de la mesa y pide mojar la roca, son las únicas que utilizan el agua como herramienta para valorar la porosidad de las rocas.

> *16 ANDREA-a ver, y ahora poroso o no poroso…*
> *17 ANTIA-yo creo que sí*
> *18 ANDREA-mira, esto está así y por aquí no entra agua, entonces no es porosa.*

Justificar conclusiones basadas en las pruebas disponibles:

Grupo 2- lo hace bien, sin problemas. Para sus justificaciones utiliza los datos disponibles y ejemplos comentados en alto durante la explicación de la actividad (María, turnos 167, 169). Relacionan distintos tipos de datos para justificar.

> *163 MARIA-sí, pero es que esto no es para la carretera, es para lo que va debajo de la carretera…*
> *164 MABEL-no, para la capa superficial…*
> *165 MARIA-claro, pero la capa superficial todavía lleva el…(¿asfalto?), vamos a ver, la anfibolita no es una roca porosa por lo que…*
> *166 MARTA-…por lo que no entrará agua…*
> *167 MARIA-…lo que ayudará…espera ahí…lo que ayudará a que no se rompa en invierno, vale…*
> *168 MARTA-…claro, que no entre agua y no rompa…*
> *169 MARIA-sí, que el agua no se congele y se pueda agrietar…*
> *170 MARTA-o que lave todo por debajo y se haga un socavón.*

Tabla 4.1. Desempeño de operaciones del grupo 2.

OPERACIÓN	Frc	Ejemplo turnos:
Interpretar información:	3	4-6; 21-26; 174-187
Reconocer características generales de una roca con las claves adecuadas.	5	12; 29; 36; 62; 125
Reconocer información relevante.	2	30-31; 147-156
Reconocer pautas o tendencias en los datos.	5	13-20; 37-40; 64-68; 80-87; 109-115
Relacionar datos distintos	5	58; 59-63; 72-79; 88; 130
Coordinar datos con teoría	4	7-12; 27-29; 50-52; 125
Obtener conclusiones.	4	41-49; 53-57; 69-71;101-106
Justificar conclusiones basadas en las pruebas disponibles.	5	89-95; 116-129; 131-146; 157-173; 1-10 (2º sesión)

Tabla 4.2. Desempeño de operaciones del grupo 3.

OPERACIÓN	Frc	Ejemplo turnos.
Interpretar información.	6	1-4; 8-13; 25-35; 63-71; 90-93; 94-112; 6-12 (2º sesión)
Reconocer características generales de una roca con las claves adecuadas.	5	13-15; 28-30; 43; 57-62; 66
Reconocer información relevante.	2	11-19; 116-117
Reconocer pautas o tendencias en los datos.	5	9-11; 19-23; 39-43; 49-54; 72-73
Relacionar datos distintos.	7	7; 8-13; 46-48; 68-71; 84; 99-105; 138-144
Coordinar datos con teoría.	2	5-7; 13-15
Obtener conclusiones.	7	16-18; 25-35; 36-48; 49-62; 74-76; 77-83; 113-116; 125-135
Justificar conclusiones basadas en las pruebas disponibles.	3	3-5 (2ª sesión); 38-43 (2ª sesión)
Evaluar dos opciones válidas.	1	13-37 (2ª sesión)

Como ejemplo de análisis de respuesta escrita tomamos la dada por el grupo 2 a la pregunta: *Cal pensas que será a rocha máis adecuada para construír a capa superficial da estrada?*

Los alumnos debían elegir la roca que cumpliera más *"criterios para ser unha boa rocha"* de la tabla 3, relacionándolos con la información inicial aportada en el cuadro 2, como se indica en la respuesta de referencia. Teniendo en cuenta los niveles de desempeño propuesto PISA (OCDE, 2009) y la respuesta de referencia elaborada por los expertos, el nivel de aptitud requerido para la respuesta escrita sería como mínimo un nivel 5, con una conclusión justificada en base a los datos disponibles, llegando a un nivel 6, en el caso de llegar a ser capaz de evaluar distintas opciones en base a las pruebas proporcionadas.

- GRUPO 2- Nivel 5, llega a una conclusión y la justifica con los datos de la tarea.

  "Tras nuestras investigaciones hemos llegado a la conclusión que la roca que escogeríamos ya que cumple los requisitos necesarios es la anfibolita.

  Para llegar a esto nos hemos basado en los siguientes datos:

  - *No es una roca porosa lo que ayudará a que en invierno no entre agua y se congele y se pueda agrietar la carretera o que lave todo por la capa baja y la carretera quede en el aire derrumbándose finalmente.*
  - *Es una roca resistente y además se adhiere bien a ella el asfalto.*
  - *Está compuesta por dos o más minerales."*

Durante el ejercicio se tuvo que explicar lo que debían considerar por adherencia del asfalto a las rocas o por tamaño mayor de dos milímetros: por adherencia se les dijo que entendieran la capacidad del asfalto para quedar pegado a la roca, para ello la superficie de corte de la roca debería ser rugosa y áspera; por tamaño mayor de dos milímetros se les dijo que considerasen todas aquellas rocas de las que los minerales constituyentes resultaran visibles a nuestro ojo.

Tras el análisis de las transcripciones de los grupos 2 y 3 se ha detectado un problema de tipo conceptual: los alumnos no sabían diferenciar dureza, de los minerales constituyentes, de resistencia, de la roca considerada como agregado mineral,

consideraron iguales ambos términos, o al menos los utilizaron como equiparables. También tuvieron problemas al clasificar algunas rocas, como el granito en el caso del grupo dos del que no conocían la composición. Estas dificultades podrían explicarse por la falta de conocimiento conceptual (Puig y Jiménez Aleixandre, 2010) ya que, como indicamos, tener un conocimiento sobre el tema a tratar es importante a la hora de interpretar la información.

Se hizo explícita la necesidad de justificar sus respuestas en la introducción, en la redacción de la actividad y en su desarrollo cuando la investigadora se acercaba a algún grupo. A pesar de esto sólo el grupo 2 justificó sus respuestas de una forma aceptable, a pesar de no ser acordes a la respuesta de referencia.

5. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

Durante la resolución del problema, analizando las transcripciones, las operaciones que más se realizaron por parte de los grupos 2 y 3 fueron: la interpretación de los datos, relacionar datos distintos y obtener conclusiones. El grupo 3 realizó estas operaciones sin dificultad, pero el 2 pareció tener problemas a la hora de relacionar datos del primer apartado, coste mínimo, y el cuarto, precio de la roca y transporte.

En general las operaciones que menos se realizaron fueron: coordinar los datos con teorías y reconocer información relevante. El no coordinar datos con teorías seguramente es debido a la falta de conocimiento conceptual que los grupos tenía de minerales, tipos de rocas etc. de hecho a lo largo del análisis de las rocas vemos incongruencias como considerar porosa a la pizarra (grupo 4 respuesta escrita a la pregunta 3) o no resistente al granito rosa (grupo 2 fragmento 47-52 transcripción). A la hora de reconocer información relevante hay grupos como el 2 que tiene dificultades, así como respuesta a la pregunta 4 eligen la pizarra, una roca cara, cuando en el apartado uno se pedía que el presupuesto fuese lo más ajustado posible. Así las principales dificultades encontradas podrían resumirse en:

Una vez que los alumnos se decidían por una opción tenían dificultades para tener en cuenta otros datos.

Por ejemplo, en este fragmento del grupo 2 podemos ver como María (turno 130) descarta opciones, rocas, teniendo en cuenta sólo uno o dos criterios, por ejemplo la resistencia. Con este razonamiento da una importancia crucial a este dato e ignora los demás. Esto también ha sido observado en otros estudios como Bravo Torija y Jiménez Aleixandre, 2012).

> *130 MARIA-a ver, hay que encontrar una roca que sea resistente, vete marcando las que no son. Resistente al deslizamiento del tráfico, que proteja las partes inferiores, osea, las que no se adhieren eliminamos ahí.*
> *131 MARTA-la caliza y el basalto…*
> *132 MABEL-granito (rosa), basalto, caliza, arenisca y ya.*
> *133 MARIA-eh, si bueno, a ver, da igual. Vosotras fijaos en ir tachando. Debe estar compuesta por varios minerales con dureza superior a cinco.*
> *134 MARTA-fuera el mármol y la pizarra también. (no resistentes)*
> *135 MABEL-¡ala! Solo nos queda una.*

Problemas en la interpretación de la información e insuficiente conocimiento conceptual.

El grupo 4 respondió por escrito a la pregunta 3 que su opción era la pizarra y lo justifica con esta frase:*"Al ser porosa, tiene más dificultad para romper y por tanto no se desgasta."*Consideran porosa a la pizarra, y que al ser porosa es más resistente, ambos fallos conceptuales. Problemas en la interpretacion de al información también fueron encontrados por Puig y Jiménez Aleixandre (2010).

Dificultades en la integración de pruebas en las justificaciones. Descrito por Sandoval y Millwood (2005).

Este problema aparece muy claramente en el grupo 3, no justifican sus conclusiones, a pesar de que llegan a hacer una operación de nivel 6, evaluando dos opciones posibles, granito rosa y de dos micas. El motivo de esata dificultad puede ser una falta de costumbre a la hora de justificar sus conclusiones, no saben hacerlo.

Frente a las dificultades encontradas consideramos importante la realización de actividades que, como ésta, fomenten el desempeño de los alumnos en el uso de pruebas, que es vital para el desarrollo de la competencia científica del alumnado.

Consideramos que este tipo de actividades donde se presenta un problema contextualizado en un entorno cercano al alumnado y con datos de distintas características, que han de comparar y relacionar para tomar una decisión, ayuda al alumnado a trabajar con pruebas y a realizar operaciones de complejidad creciente. Este trabajo es fundamental ya que como indica Jiménez Aleixandre (2010) el uso de pruebas no es un proceso intuitivo ni obvio para el alumnado, debe enseñarse y entrenarse, y lleva asociadas una serie de dificultades.

Además este tipo de actividades también favorece el aprendizaje del contenido disciplinar de materias como la geología ayudando a que los estudiantes aprendan conceptos de una forma más útil para que sean capaces de relacionarlos con su entorno y puedan explicar lo que les rodea.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRAVO TORIJA, B., & JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2012). Progression in Complexity: Contextualizing sustainable marine resources management in a 10th Grade Classroom. Research in Science Education, 42(1), 5-23.

BRAVO TORIJA, B., PUIG, B., & JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2009). Competencias en el uso de pruebas en argumentación. Educación Química, 2, 137-142.

CAÑAS, A., MARTÍN DÍAZ, M. J., & NIEDA, J. (2007). Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico. Madrid: Alianza Editorial.

DÍAZ, J., & JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1999). Aprender ciencias, hacer ciencias: resolver problemas en clase. Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales, 20, 9-16.

EUROPEAN UNION (2006). Recommendation of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 on key competences for lifelong learning. Official Journal of the European Union, 30–12–2006, L 394/10–L 394/18. Recuperado el 15

de Julio de 2010, de http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:394:0010:0018:en:PDF

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. Enseñanza de las ciencias, 16(2), 203-216.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2003). Enseñar ciencias. Capítulo 3 "Comunicación y lenguaje en la clase de ciencias." María Pilar Jiménez Aleixandre, Aureli Caamaño, Ana Oñorbe, Emilio Pedrinaci, Antonio de Pro. Ed. Graó, IRIF s.l.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2010). 10 Ideas Clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: Graó.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P., BRAVO, B., & PUIG, B. (2009). ¿Cómo aprende el alumnado a usar y evaluar pruebas? Aula de Innovación Educativa, 186, 10-12.Ministerio de Educación y Ciencia (MEC). (2007). Real Decreto 1631/2006 por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la educación secundaria obligatoria. Boletín oficial del Estado, 5 de Enero, 677-773.

OCDE (2006). PISA 2006. Marco de la evaluación: conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura. Madrid: Santillana. Ministerio de Educación y Ciencia. http://www.oecd.org

OCDE. (2009). Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo del mañana. Madrid: Santillana. http://ccbb.educarex.es/pluginfile.php/128/mod_resource/content/2/InfoPISA_2006.pdf

PUIG, B., & JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (2010). What do grade 9 students consider as evidence for and against claims about genetic differences in intelligence between black and white 'races'? In M. Hammann, A. J. Waarlo, & K. Th. Boersma (Eds.), The nature of research in biological education: Old and new perspectives on theoretical and methodological issues (pp. 153-166). Utrecht: Utrecht University, FIsme, CD-β Press.

SANDOVAL, W. A., & MILLWOOD, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. Cognition and Instruction, 23(1), 23-55.

XUNTA DE GALICIA. (2008). Decreto 126/2008, do 19 de xuño, “polo que establece a ordenación e o currículo de bacharelato na Comunidade Autónoma de Galicia”, p. 12.273.