



UNIVERSIDAD  
DE BURGOS

MÁSTER EN PROFESORADO DE EDUCACIÓN  
SECUNDARIA OBLIGATORIA Y BACHILLERATO,  
FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZA DE  
IDIOMAS.

**TRABAJO FIN DE MASTER:**  
**"Visible Geology": Una herramienta  
digital para el estudio de la  
estratigrafía en primero de  
Bachillerato**

---

Curso 2017-2018

Ibáñez de Garayo Iturriaga, Ander  
Especialidad Biología y Geología  
Directora: Jorge Villar, Susana Esther

# Índice

1.	Introducción.....	1
1.1.	Planteamiento del problema.....	1
1.2.	Objetivos del TFM.....	3
1.3.	Estado de la cuestión.....	4
1.3.1.	Las ciencias en el currículo. Geología, la gran olvidada.....	4
1.3.2.	Currículo: Cortes geológicos en ESO y Bachillerato .....	6
1.3.3.	Libros de texto, breve revisión de los Cortes Geológicos .....	8
1.3.4.	Uso de modelos tridimensionales en Geología .....	13
1.3.5.	Nuevas tecnologías en el aula.....	16
1.3.6.	Errores conceptuales en estratigrafía: Dificultades con los mapas y cortes geológicos e ideas previas .....	19
2.	Cuerpo del trabajo .....	21
2.1.	Objetivos de la Propuesta de Innovación Didáctica .....	21
2.2.	Contextualización de las clases.....	22
2.3.	Organización de los grupos de trabajo.....	24
2.4.	Propuesta de Innovación Docente.....	24
2.4.1.	La aplicación: <i>Visible Geology</i> .....	24
2.4.2.	Impartición de la PID: metodología y materiales.....	25
2.5.	Cronograma y secuencia de actividades .....	28
2.5.1.	Prueba de conocimientos previos - Anexo I.....	29
2.5.2.	Ejercicios 1 al 6 - Anexo II.....	29
2.5.3.	Ejercicio de evaluación individual - Anexo III .....	30
2.5.4.	Prueba de conocimientos adquiridos - Anexo IV .....	31
2.5.5.	Encuesta de satisfacción - Anexo V .....	32
2.6.	Resultados y discusión.....	32
2.6.1.	Examen académico de cuarto curso de ESO - (ANEXO VI).....	32

2.6.2.	Prueba de conocimientos previos - Tercer curso de ESO - (ANEXO I)..	33
2.6.3.	Prueba de conocimientos previos - Primer curso de Bachillerato - (ANEXO I) .....	34
2.6.4.	Prueba de conocimientos previos - Segundo curso de Bachillerato - (ANEXO I) .....	36
2.6.5.	Ejercicios uno al seis de la PID - (ANEXO II).....	37
2.6.6.	Ejercicio de evaluación individual - (ANEXO III) .....	40
2.6.7.	Prueba de conocimientos adquiridos - (ANEXO IV).....	42
2.6.8.	Encuesta de satisfacción - (ANEXO V) .....	44
3.	Conclusiones.....	46
3.1.	Conclusiones sobre la temporalización.....	46
3.2.	Conclusiones sobre el diseño de la PID.....	46
3.3.	Conclusiones de los conocimientos de los alumnos y errores conceptuales ...	47
3.4.	Conclusiones sobre la acción docente personal .....	49
4.	Referencias bibliográficas .....	50
5.	Anexos.....	53
5.1.	Anexo I - Prueba de conocimientos previos .....	53
5.2.	Anexo II - Guion de prácticas .....	55
5.3.	Anexo III - Ejercicio Individual de evaluación.....	71
5.4.	Anexo IV - Prueba de conocimientos adquiridos .....	72
5.5.	Anexo V - Encuesta de satisfacción.....	74
5.6.	Anexo VI - Examen académico de cuarto curso de ESO .....	75

# **1. Introducción**

## **1.1.Planteamiento del problema**

Mediante este Trabajo Fin de Máster (TFM) se pretende diseñar una propuesta de innovación didáctica en la que los alumnos de primer curso de Bachillerato, obtendrán herramientas con un enfoque distinto al tradicional para poder alcanzar una mejor comprensión de elementos y conceptos relacionados con la Geología. Concretamente se trabajará con los apartados que corresponden a la estratigrafía, la cual es, según el diccionario de la Real Academia Española (RAE), la "Parte de la Geología que estudia la disposición y caracteres de las rocas sedimentarias estratificadas."

Se podría decir que en la realidad educativa la Geología queda relegada a un segundo plano en algunos casos. Esto puede estar causado por la falta de docentes geólogos que imparten en estos niveles educativos, ya que en el caso de la provincia de Burgos, y como analizó en su Trabajo Fin de Máster María Nieves Cuesta Segura (2018) dentro de los docentes que imparten las asignaturas de Biología y Geología en ESO y Bachillerato así como Geología en segundo curso de Bachillerato y que contestaron a la encuesta, solo se encuentra a un geólogo frente a las 22 personas de formación en Biología y las otras 22 con formación distinta de estas dos anteriores.

Por otra parte los conocimientos relacionados con la estratigrafía presentan retos *per se*. Se ha de tener una buena visión espacio-temporal y se ha de comprender como los diferentes agentes geológicos pueden afectar al terreno para conformar un paisaje concreto.

Es por ello que la propuesta de innovación didáctica (PID) que se presenta en este TFM pretende proporcionar a los docentes nuevas herramientas para la impartición de los contenidos de Geología, así como acercar a los propios alumnos, una serie de recursos y herramientas para poder trabajar la estratigrafía de manera amena y permitiendo una mejor comprensión.

Para ello, se hará uso de un software libre (herramienta online gratuita) que permite utilizar un bloque en tres dimensiones para explorar y comprender los contenidos

relacionados con los cortes geológicos y estratigrafía del currículo del primer curso de Bachillerato.

Esta herramienta, llamada "*Visible Geology*" permite añadir estratos, plegarlos, bascularlos, añadir fallas, crear la topografía que nosotros deseemos... Todo ello de manera sencilla y atractiva, permitiendo un acercamiento mucho más "amistoso" para los alumnos a uno de los contenidos abstractos de la Geología, potenciando su motivación y por tanto su comprensión.

Esta PID se implementa en el curso de primero de Bachillerato. Además, para este TFM se entregará una prueba inicial de conocimientos para identificar el nivel de los alumnos, así como los errores conceptuales y problemas de comprensión más comunes. Dicho cuestionario inicial, también se entregará al tercer curso de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y a segundo de Bachillerato para poder comparar el nivel entre los cursos así como los conocimientos y si los errores se mantienen. Por otra parte, se dispone también de unos exámenes correspondientes a la parte de Geología realizados por alumnos de cuarto de la ESO que se añadirán al análisis de la prueba inicial. Durante la PID desarrollada en este TFM, se realizarán una serie de ejercicios con el programa para que los alumnos trabajen los contenidos de estratigrafía y Cortes Geológicos. Una vez implementada la propuesta con los alumnos, se procederá a realizar otro cuestionario para comprobar si ha mejorado la comprensión de los contenidos relacionados con los cortes geológicos y si parte de los errores han desaparecido.

Por último, se les entregará a los alumnos un cuestionario de satisfacción referente a la propuesta aplicada para comprobar el grado de interés de los alumnos por esta nueva metodología.

## 1.2. Objetivos del TFM

- Realizar un proyecto de innovación educativa en relación a los conceptos de estratigrafía, cortes geológicos y mapas geológicos
- Implementar el uso de las TIC en clase proponiendo una PID en la que se usen herramientas virtuales (mediante la aplicación "*Visible Geology*") para que sean los alumnos para que resuelvan sus propios problemas de estratigrafía.
- Implementar un enfoque CTS en la enseñanza de la Geología.
- Proponer una Unidad de Innovación Didáctica que trate de trabajar mediante indagación guiada el aprendizaje por descubrimiento dentro de un marco de trabajo cooperativo así como lograr un aprendizaje significativo de los conceptos relacionados con la estratigrafía de manera innovadora.
- Analizar y valorar la mejora en la comprensión de los conceptos de estratigrafía, cortes geológicos y mapas geológicos una vez implementada la PID mediante el uso de un cuestionario inicial y otro final.
- Medir el grado de satisfacción de los alumnos en relación a la metodología propuesta a través de un cuestionario de escala Likert.

### **1.3.Estado de la cuestión**

#### **1.3.1. Las ciencias en el currículo. Geología, la gran olvidada**

Desde el Gobierno de España y los distintos niveles superiores de educación se considera que la cultura científica es una necesidad para los alumnos en etapas como la Educación Primaria y Secundaria (Acevedo Díaz, 2004). Sin embargo, en lo que a las ciencias en general se refiere, si se consulta a los alumnos, nos encontraremos que encuentran la mayoría de asignaturas científicas complicadas no solo por los contenidos abstractos que se imparten, sino también por el uso de un vocabulario que desconocen o porque dicho vocabulario se les hace complejo así como por una imposibilidad de aplicar los conocimientos adquiridos a sus intereses inmediatos (Gilbert J. , Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education, 2004).

Según la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, esta necesidad de conocimiento científico es contenida en una de las siete competencias clave que este documento define, la Competencia Matemática y competencia básica en Ciencia y Tecnología CMCT. El origen de estas competencias que se aplican en el sistema educativo Español es la Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006 (2006/962/CE). Según ambos documentos y como podemos extraer de la página web del Ministerio de Educación, la CMCT implica tener la capacidad de aplicar una lógica matemática razonada y ser capaz de manejar las herramientas que permiten describir, interpretar y predecir fenómenos dentro del contexto matemático. Por otra parte se pretende lograr un acercamiento a la realidad científico-tecnológica para lograr interacciones responsables orientadas a proteger, conservar y mejorar el medio natural (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Gobierno de España, 2015).

Por tanto se podría concluir diciendo que dada la importancia de esta competencia, las asignaturas de Ciencias Naturales deberían incorporar de forma implícita y en todos los casos dicha competencia.

Por otro lado, el sistema educativo Español se basa en volver progresivamente sobre los mismos temas cada vez añadiendo mayor profundidad a un contenido en concreto. Dicho aprendizaje puede ser muy instructivo para los alumnos, pero sin embargo, también puede llevar a la compartimentación de los contenidos, creando de esta manera

bloques independientes de conocimientos que los alumnos son incapaces de conectar de manera eficiente y obviando la interdisciplinaridad de las asignaturas. Este tipo de enseñanza es definido por Gilbert (2004) como sedimentaria, ya que la información se va acumulando a lo largo de los años de manera continua pero sin una relación real. Esto provoca el efecto anteriormente comentado de aislamiento de conocimientos por materias o incluso por temas. Esto es especialmente problemático ya que las ciencias siempre tienen una interdependencia las unas de las otras y son necesarias para resolver problemas reales en los que son necesarios equipos multidisciplinares.

La Ciencia Natural de la Geología, es definida por Juan Vilanova y Piera (1876) como "la ciencia que estudia la composición y estructura tanto interna como superficial del planeta Tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico".

Según la Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León, la Geología forma parte de los cursos de primero, tercero y cuarto en la asignatura de Biología y Geología. El currículo de Bachillerato, viene dado por la Orden EDU/363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León en la que se establece que los contenidos de Geología se imparten en la asignatura de Biología y Geología de primero y en la asignatura de Geología de segundo curso.

Cabe destacar que en España, el peso de la Geología en educación a pesar de ser una ciencia natural más que a priori debería de estar al mismo nivel que el resto, es menor en la mayoría de cursos en los que se imparte en comparación con la parte de Biología. Una de las razones por las que esto podría ocurrir sería por el menor peso que tiene en el currículo en comparación con la parte de Biología como se analizará más adelante.

Si acudimos al currículo de la Comunidad de Castilla y León, se podrá observar que en el primer curso de Bachillerato (curso en el que la PID se desarrolla) la relación de Geología respecto a la Biología es de tres a seis bloques respectivamente, la mitad. En los cursos de ESO esta relación es menos acusada, existiendo una diferencia de dos bloques aproximadamente, por lo que sigue existiendo una descompensación de los

contenidos. De estos contenidos, en muchos casos la parte más práctica relacionada con los cortes geológicos ha quedado en un segundo plano, a pesar de que la Geología se ha de entender como una asignatura eminentemente práctica (Gonzalo Jiménez, Gascueña Martínez, & From Marín, 1994).

Es por todo lo anterior que este trabajo pretende por una parte acercar la Geología a los alumnos de una manera innovadora y atractiva para que adquieran un mínimo de conocimientos que les sirvan en su futuro. Por otra parte pretende dar una herramienta a los docentes para facilitar la impartición de la asignatura.

### 1.3.2. Currículo: Cortes geológicos en ESO y Bachillerato

Los cortes geológicos son una parte importante en la interpretación de la Geología y una de sus muchas aplicaciones prácticas, tanto en educación como en el mundo laboral, por ejemplo, en las evaluaciones de impacto ambiental, de ahí el peso de estas herramientas.

En el texto de Ángel Gonzalo Jiménez, Francisco Javier From Marín y Alejandro Gascueña Martínez (1994), se definen los cortes geológicos como "una construcción gráfica consistente en una sección del mapa geológico, cuya finalidad es representar los aspectos no aflorantes superficialmente y que resalta gráficamente la disposición de los materiales en profundidad, según una dirección determinada".

Comprobando los contenidos de las leyes anteriormente citadas sobre el currículo en los cursos de ESO y Bachillerato se podrá observar que los cortes geológicos aparecen por primera vez en el cuarto curso de ESO en la asignatura de Biología y Geología y que se mantienen hasta la asignatura propia de segundo curso de Bachillerato.

A continuación se hace un pequeño análisis por curso de los contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables del currículo de CyL (Orden EDU/362/2015 y Orden EDU/363/2015):

- Cuarto de Educación Secundaria Obligatoria, Biología y Geología: Bloque 2 - La dinámica de la Tierra.
  - Contenidos: Interpretación de columnas estratigráficas sencillas y perfiles topográficos.

- Criterios de evaluación: Interpretar cortes geológicos sencillos y perfiles topográficos como procedimiento para el estudio de una zona o terreno.
- Estándares de aprendizaje evaluables: Interpreta un mapa topográfico y hace perfiles topográficos. Resuelve problemas simples de datación relativa, aplicando los principios de superposición de estratos, superposición de procesos y correlación
- Primero de Bachillerato, Biología y Geología: Bloque 9 - Historia de la Tierra.
  - Contenidos: Dataciones relativas y absolutas: estudio de cortes geológicos sencillos.
  - Criterios de evaluación: Deducir a partir de mapas topográficos y cortes geológicos de una zona determinada, la existencia de estructuras geológicas y su relación con el relieve.
  - Estándares de aprendizaje evaluables: Interpreta y realiza mapas topográficos y cortes geológicos sencillos.
- Segundo de Bachillerato, Geología: Bloque 6 - Tiempo geológico y Geología histórica.
  - Contenidos: El principio del actualismo: aplicación a la reconstrucción paleoambiental. Estructuras sedimentarias y biogénicas. Paleoclimatología. Métodos de datación: geocronología relativa y absoluta. Principio de superposición de los estratos. Fósiles guía. Bioestratigrafía
  - Criterios de evaluación: Conocer los principales métodos de datación absoluta y relativa. Aplicar el principio de superposición de estratos y derivados para interpretar cortes geológicos. Entender los fósiles guía como pieza clave para la datación bioestratigráfica.
  - Estándares de aprendizaje evaluables: Conoce y utiliza los métodos de datación relativa y de las interrupciones en el registro estratigráfico a partir de la interpretación de cortes geológicos y correlación de columnas estratigráficas.

Como se puede observar, existe una evolución de los contenidos a lo largo de los distintos cursos. En cuarto curso de ESO, se pide a los alumnos interpretar cortes geológicos y perfiles sencillos, mientras que en primero de Bachillerato se solicita que manejen con cierta destreza cortes geológicos sencillos, una evolución de los perfiles que se impartían en cuarto de ESO. Finalmente, en segundo de Bachillerato, se añaden

nuevos conocimientos y herramientas para la elaboración de los cortes geológicos, tales como la bioestratigrafía o el paleoclima.

Por lo general, los cortes geológicos aparecen en el currículo como un medio para repasar los contenidos teóricos de la Geología, sin embargo, en textos como el escrito por Ángel Gonzalo Jiménez, Francisco Javier From Marín y Alejandro Gascueña Martínez (1994) vemos que lo correcto sería hacer lo contrario, utilizar como herramientas de enseñanza los cortes para poder de esta manera explicar los contenidos teóricos aplicados a una realidad.

### 1.3.3. Libros de texto, breve revisión de los Cortes Geológicos

A pesar de que los cortes geológicos deberían de ser un elemento vertebral de los libros de texto en educación a los que acudir para poner en contexto la teoría y por tanto, que se comprenda mejor, la realidad que nos encontramos en los textos es distinta. Para comprobar esta afirmación se ha realizado una pequeña revisión de varios libros de texto de distintos cursos y años con especial énfasis en el curso de primero de Bachillerato, curso en el que la PID se desarrolla.

#### Editorial Oxford

- Libro de texto de tercero de la ESO (Biología y Geología, Proyecto Exedra) (Cabrera Calero & Sanz Esteban, 2002):

El recurso presenta la parte de Geología en sus dos primeros bloques, frente a los siete siguientes de Biología. En el transcurso de estos dos temas introduce mediante imágenes reales y diagramas explicativos la composición interna, las propiedades y clasificación de los minerales así como la composición, clasificación y tipos de rocas. En la breve duración de los dos temas, no se encuentra referencia alguna ni mediante esquemas ni en el texto de los cortes geológicos o de principios de estratigrafía.

- Libro de texto de cuarto de la ESO (Biología y Geología, Proyecto Exedra) (Albaladejo Marcet, Cabrera Calero, & Ferrer Monserrat, 2003):

De manera parecida al curso anterior se presenta una selección de tres temas de Geología frente a siete de Biología. En este caso, los temas tratados son el modelado

del relieve terrestre, tectónica de placas y fenómenos ligados a los movimientos de las placas.

En el primer tema, se encuentra un apartado de una sola hoja bajo el nombre de "influencia de la disposición de las rocas" en la que se definen los estratos horizontales, inclinados y plegados mediante un párrafo para cada uno y un diagrama poco explicativo. A pesar de esto, en apartado de actividades de este primer tema se encuentran actividades relacionadas con mapas topográficos.

En el segundo tema existe un apartado con título "deformaciones por fractura: diaclasas y fallas" en el cual se explican con ayuda de diagramas la creación de fallas y sus tipos. Seguido de este encontramos otro tema, de dos páginas, que hace referencia a los pliegues y numerosos diagramas explicativos que ayudan a la comprensión de estos procesos.

Por último en el apartado de ejercicios encontramos cuatro ejercicios bastante completos centrados en fallas y pliegues para que los alumnos trabajen estos contenidos.

- Libro de texto de primero de Bachillerato (Biología y Geología, Inicia Dual) (López García et al. 2015):

En este texto la parte referente a la Geología ocupa un total de seis temas frente a los diez de la Biología dejando algo más equilibrado el reparto de temas, pero aún con mayor protagonismo de la segunda.

Los temas que se tratan son los siguientes: Estructura interna de la Tierra, dinámica litosférica: la tectónica de placas, minerales y rocas, procesos geológicos internos, geodinámica externa y el tiempo Geológico. Todos los temas se encuentran ampliamente poblados de esquemas e imágenes reales que facilitan mucho la adquisición de contenidos tan abstractos, algo a agradecer en un libro de texto. A lo largo de los temas se van tratando conceptos necesarios para el entendimiento de la estratigrafía, los mapas y los cortes geológicos (tectónica, propiedades de las rocas y los minerales, ciclos de las rocas, procesos geológicos internos donde destacan los

pliegues y fallas, procesos geológicos externos, formación de relieves, intrusiones de materiales...

Sin embargo, no es hasta el final del último tema, en un apartado llamado "técnicas de trabajo y experimentación", donde se trabajan los cortes geológicos. En dicho apartado se dan pautas a seguir para la creación de una historia geológica a partir de unos cortes del mismo lugar representados en orden cronológico según ocurren los distintos procesos. Tras esto encontramos una sección de ejercicios donde sí se trabajan los cortes, pidiendo su historia geológica o datos concretos de estos. Sin embargo, dentro de esta sección de ejercicios se han encontrado dos que resultan muy interesantes para este presente trabajo por su similitud con algunos ejercicios de la PID tal y como se muestra en la Figura 1:



Figura 1 - Recorte del libro de texto de la editorial Oxford de IBACH en relación a la visión espacial en cortes geológicos

Estos ejercicios resultan de especial interés debido a que trabajan con la visión espacial de los cortes geológicos y la estratigrafía, conceptos que como se verá más adelante resultan confusos para los alumnos y rara vez se trabajan en los libros de texto.

### Editorial Mc Graw Hill

- Libro de texto de cuarto de la ESO (Biología y Geología) (Calvo Aldea, Albarracín Fernández, & San Bernardo Vicente, 2008):

La primera sorpresa de este libro de texto es la distribución de los temas ya que la parte de Biología tiene un total de 5 temas, exactamente los mismos que Geología, por lo que existen un total equilibrio.

Durante la parte de Geología se trabajan contenidos diversos relacionados con la estratigrafía y los cortes Geológicos, al igual que en el caso anterior. En este libro de texto se presentan menos diagramas y fotos que en el de la editorial Oxford y estos no

acaban de ser tan esclarecedores, por lo que se pierde parte de la información e incluso pueden llegar a confundir a los alumnos.

Sin embargo, a su favor cabe destacar que existe un pequeño apartado sobre las series estratigráficas y el orden de los estratos seguido de varios ejercicios de cortes geológicos en los que tienen que identificar procesos y generar historias geológicas. En el último tema de esta parte de Geología se pueden encontrar conceptos más complejos como son los distintos tipos de contactos o la datación de estratos mediante restos fósiles. Al final de este tema, de nuevo se presentan ejercicios donde se trabaja con cortes geológicos.

- Libro de texto de primero de Bachillerato (Biología y Geología, SmartBook) (Rei Vilas, Blázquez Martín, Sierra Domínguez, Ramos García, & Ortigosa Alcón, 2017): A pesar de que en el anterior libro los temas estuvieran en equilibrio, en este encontramos que la parte de Geología consta de cinco temas frente a los 11 de Biología. A lo largo de los temas se encuentra que se profundiza en los contenidos relacionados con los cortes geológicos y estratigrafía con el uso de gráficos más explicativos y de mayor calidad que en el libro de cuarto de la ESO, dedicando un total de cinco hojas a procesos geológicos recurrentes en los cortes en el penúltimo tema (fallas, plegamientos y basculamientos) y otras tres en el último donde se tratan los tipos de contactos y las historias geológicas. Por último encontramos al final del tema una serie de ejercicios relacionados con cortes geológicos donde los alumnos han de identificar diferentes estructuras y procesos así como describir historias geológicas.

#### Editorial Santillana

- Libro de texto de tercero de la ESO (Biología y Geología, Ciencias de la Naturaleza) (Meléndez Hevia, Madrid Rangel, Blanco Kroeger, & Vidal-Abarca, Biología y Geología, 2017): En este texto podemos encontrar una explicación de los mapas topográficos, así como varios ejemplos de estos, de bloques diagrama y de maquetas de terreno. Si bien aparecen representaciones de cortes geológicos a lo largo de los temas relacionados, en ningún caso se ha encontrado ninguna referencia a lo que esos cortes geológicos son, o cómo realizarlos.

- Libro de texto de cuarto de la ESO (Biología y Geología, Ciencias de la Naturaleza) (Meléndez Hevia, Madrid Rangel, Blanco Kroeger, & Vidal-Abarca, Biología y Geología, 2017):

Se puede observar el tratamiento de temas relacionados con los cortes geológicos como son los procesos geológicos externos, rocas, los distintos relieves y modelados comunes existentes, dinámica interna de la tierra, principios elementales de Geología, deformación de materiales...

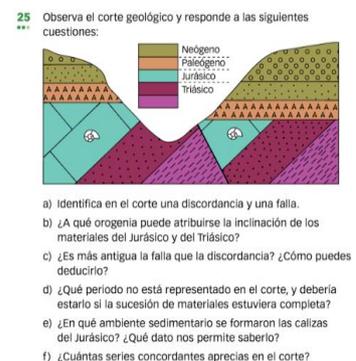
Todos estos contenidos como se ha indicado, son parte de los conocimientos necesarios para realizar cortes geológicos y se representan en el libro mediante bloques diagrama y cortes como tal (Figura 2), pero al igual que en el caso anterior no se encuentra mención alguna a dichos cortes o a cómo realizarlos.



**Figura 2 - Recorte del libro de texto de la editorial Santillana de 4 ESO en relación a los principios de estratigrafía.**

- Libro de texto de primero de Bachillerato (Biología y Geología, Serie Observa):  
En este caso la situación es similar a la anterior. La mayoría de contenidos teóricos se tratan con mayor profundidad y se amplían con nuevos conocimientos. De nuevo se encuentran muchos diagramas explicativos en los que se ven cortes geológicos, pero no se hace mención a estos.

Sin embargo, sí que se han encontrado cuatro ejercicios en los que directamente se hace alusión a los cortes geológicos y se trabajan, aunque de manera poco profunda (Figura 3).



**Figura 3 - Recorte del libro de texto de la editorial Santillana de primero de Bachillerato en la que se muestra un ejercicio de cortes geológicos**

Tras este breve análisis de los libros de texto de las editoriales Oxford, Mc Graw Hill y Santillana, se podría concluir que aunque los contenidos teóricos relacionados con los cortes geológicos deberían tratarse desde tercero de la ESO según el BOCYL no es hasta primero de Bachillerato que se muestran cortes geológicos propiamente dichos y se trabaja con los alumnos con ellos para describir historias geológicas complejas e identificar las estructuras que en estos aparecen. Sin embargo, se puede llegar a la conclusión de que a pesar de introducir dichos cortes geológicos en los libros de texto, ya sea en forma de diagramas explicativos o como ejercicios, estos no instan a los alumnos a trabajarlos en profundidad.

De esta manera se desaprovecha la oportunidad de usar estos recursos como medio para integrar contenidos teóricos abstractos y de difícil comprensión en ejercicios prácticos basados en realidades tangibles, con aplicaciones reales y que facilitan su comprensión. (Ángel Gonzalo Jiménez, Francisco Javier From Marín y Alejandro Gascueña Martínez. 1994)

#### 1.3.4. Uso de modelos tridimensionales en Geología

El uso de modelos analógicos en educación ha sido recurrente ya que se consideran elementos que aportan claridad a temas complejos permitiendo trabajar conceptos abstractos de manera visual y física (Francoeur, 1997) (Gilbert, Boulter & Rutherford, 1998). Sin embargo, los modelos se han de entender como representaciones simplificadas de una realidad observada o concepto abstracto de teoría tal y como enuncia Gilbert (2004). Este punto es de gran importancia para los alumnos, ya que deberán en todo momento, ser conscientes de que lo que se representa es una simplificación de la realidad (Harrison & Treagust, 2000). Por tanto, si bien son de gran utilidad para la generación, expansión y aceptación del conocimiento científico y sirven de unión entre la teoría y la realidad (Tomasi, 1988) (Gilbert S. , 1991), hay que tener en cuenta que tienen ciertas limitaciones relacionadas con los materiales, el tiempo de desarrollo y preparación o conceptuales.

Tal es el impacto de los modelos en la ciencia que en la actualidad el modelo analógico sigue siendo utilizado en investigación geológica para simular procesos que permiten conocer procesos que ocurrieron hace millones de años, así como hacer predicciones de que podría ocurrir en el futuro. Estos modelos se construyen de manera rigurosa

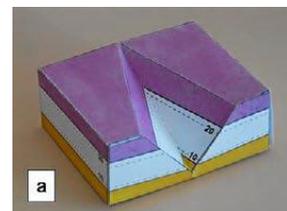
siguiendo unas pautas y siempre a escala, permitiendo manejar varias variables al mismo tiempo para el mismo estudio (Deus, Bolacha, Vasconcelos, & Fonseca, 2011).

Si se acude al terreno de la Geología, los primeros antecedentes de modelos se remontan al año 1815, en el que Sir James Hall presentó sendos experimentos basados en estructuras plegadas de la costa de Escocia con materiales tan rudimentarios como ropa, lino y algodón (Fernández Lozano, 2008). A lo largo de los años, el modelo analógico fue evolucionando en sus materiales y técnicas, aunque la esencia siempre ha sido la misma, mostrar de forma más o menos simplificada una realidad difícil de comprender, algo bastante común en el área de la Geología ya que se trabaja con conceptos de extensiones muy amplias, tiempos geológicos y procesos que no pueden verse a simple vista. Como referencia, actualmente la observación directa de un corte geológico (sin el uso de ninguna técnica ni tecnología) más profunda que se ha logrado corresponde a solo 7 km de profundidad en minas de diamantes de África del Sur, aunque en perforaciones y sondeos se ha llegado hasta los 12 km. (Maria Castelhana & Fialho Azinhaga, 2011).

Como se observa se podría decir que el uso de modelos conlleva limitaciones inherentes a las simplificaciones necesarias (como ya se ha comentado un modelo es una simplificación de la realidad para los que se han de eliminar o simplificar variables complejas), así como otras externas como son la disponibilidad de materiales o tiempo, algo que puede suponer un problema en educación donde el tiempo es un recurso valioso (Seok Oh, 2011). Sin embargo, esta herramienta puede ser de gran ayuda si se aplica a la enseñanza de la Geología (Deus, Bolacha, Vasconcelos, & Fonseca, 2011) a niveles de secundaria, donde diversos autores entre ellos, los ya mencionados, Gilbert (2004) o Bolacha et al. (2011) aconsejan el uso de los modelos en ciencias experimentales, ya que permiten una mejor comprensión de los fenómenos y procesos naturales así como de sus variables, debido a esa simplificación. Estos autores aseguran que mediante el uso de modelos, la comprensión de fenómenos geológicos que a los alumnos a priori les resultan confusos, puede mejorar ya que permiten experimentar con variables aisladas consiguiendo así una comprensión de las partes que forman el todo de la Geología.

Si se realiza una pequeña búsqueda bibliográfica se puede observar la existencia de múltiples artículos basados en las ventajas que ofrecen los modelos aplicados a la enseñanza en distintos niveles académicos. La mayoría de modelos para educación que se encuentran en la literatura se aplican generalmente a las asignaturas de Física y Química, Matemáticas y Biología. Por ejemplo para la Física y la Química se encuentran fácilmente trabajos que versan sobre el uso de modelos analógicos atómicos en enseñanza (Adúriz-Bravo & Morales, 2002) y en el caso de la Biología rápidamente vienen a la mente los modelos de esqueletos que en muchos institutos aún a día de hoy se usan.

Sin embargo el uso de estos en la Geología es más reducido. Dentro de los que se encuentran de esta última, generalmente se trabaja con bloques realizados en papel o cartón y con conceptos de estratigrafía, mapas geológicos y cortes, todo ello aplicable a los niveles educativos de la ESO y Bachillerato. De esta manera se encuentran textos que utilizan técnicas sencillas como puede ser el uso de papel para crear bloques en tres dimensiones partiendo de dibujos en dos dimensiones para mejorar la visualización de conceptos geológicos (Figura 4) y que es aplicable a cualquier



**Figura 4 - Recorte del trabajo de Alonso Chaves et al. en el que se muestra un bloque en papel de un Corte Geológico**

curso a partir de tercero de ESO hasta niveles superiores como el universitario (Alonso Chaves, García Navarro, Camacho Cerro, & Cantano, 2013), o modelos más complejos, basados en la compresión por medio de la experimentación en laboratorio con materiales plásticos que se asemejan a los que se encuentran en la corteza terrestre con el fin de analizar y comprender la deformación de los materiales al someterse a fuerzas de distinta magnitud o dirección (Liesa, Roman-Berdiél, & Arlegui, 1997).

Como se puede observar en los casos mencionados existen muchos tipos de modelos analógicos con fines distintos que van desde la mejor adquisición de conocimientos por parte de los alumnos tal y como se muestra en el caso de la asignatura de Biología anterior, a hacer tangible procesos que no son fácilmente observables como es el último caso aplicado al a Geología.

Por tanto y tras verificar el beneficio que se puede llegar a obtener con el uso de modelos, especialmente en el ámbito educativo, en la PID que se presenta en este TFM

lo que se pretende es dar un giro a estas herramientas mediante una alternativa que evita la necesidad de adquirir materiales, invertir tiempo en construcciones de modelos o un taller para poder trabajar con estos. De esta manera, se presenta un método de trabajo que supera al de los modelos analógicos, la adquisición de conocimientos mediante la manipulación de una representación de la realidad, que en este caso, se realiza a través de un software que nos permite realizar de manera sencilla, intuitiva y al instante todo tipo de procesos geológicos que se desarrollan en la corteza Terrestre.

Este tipo de modelos basados en programas informáticos tiene sentido en una generación de alumnos que se consideran nativos digitales, usuarios experimentados en las nuevas tecnologías, que las usan diariamente para los quehaceres diarios. Debido a la costumbre de los alumnos de usar estas tecnologías y de beneficios como la inmediatez de los resultados, se considera que los modelos digitales permiten a los alumnos conseguir una mejor comprensión que los modelos analógicos (Aksit, 2018). Así se trabajan los conceptos relacionados con los cortes geológicos y la Geología en general, pero con un nuevo enfoque, que trae inherente una motivación extra para el alumnado, la inmediatez de los resultados y el uso de una plataforma online como herramienta de trabajo.

### 1.3.5. Nuevas tecnologías en el aula

El factor motivacional para los alumnos es de gran importancia ya que para lograr un aprendizaje significativo de los contenidos es necesario que el alumno manifieste una actitud positiva hacia el aprendizaje, es decir, una disposición para relacionar nuevos conocimientos con las estructuras de conocimiento que ya tenía el propio alumno. Este proceso ha de ser de manera intencional y por tanto, el alumno ha de ser plenamente consciente de dicho proceso, evitando así memorizar los conocimientos o conceptos de manera literal, algo bastante común en los alumnos. (Ausubel, Hanesian, & Novak, 1976).

En la PID que se diseña en el presente trabajo fin de máster se pretende que los alumnos trabajen en los conocimientos teóricos asociados a los cortes geológicos mediante este tipo de aprendizaje. Para ello las actividades y el guion que se les dará, está pensado para que puedan construir el conocimiento mediante su propio descubrimiento, asociando los nuevos contenidos a conocimientos e ideas propias que ya poseen.

Además, el factor motivacional ha de ser tomado en cuenta, como ya se ha comentado anteriormente el alumno ha de tener cierta predisposición para poder lograr el aprendizaje significativo. Por ello, entre otras razones, la propuesta de innovación que se presenta en este TFM se hace a través de un software libre online, que caracteriza un elemento motivador para los alumnos *per se*. Esta aplicación, es "casi un juego", en el que el usuario puede sedimentar estratos de diferentes potencias y, mediante una simulación de diferentes procesos geológicos comunes, ver cuál es el resultado final, tanto en sección (corte geológico) como en planta (mapa geológico). Además permite fácilmente eliminar pasos y realizarlos en otro orden permitiendo así ver las diferencias que existen si un proceso sigue a otro o si ocurre lo contrario, facilitando a los alumnos la comprensión de dichos procesos. Como ya se ha comentado en el punto anterior, partimos de alumnos nativos digitales, lo cual debería de favorecer el uso de este tipo de tecnologías que deberían de resultar atractivas y que cada vez están más incorporadas en el día a día de todos ellos (Garibay, Angelone, Fraga, Polare, & Torres, 2014).

A pesar de la realidad actual llena de avances técnicos y tecnológicos en todos los ámbitos de la vida y de que la introducción de las nuevas tecnologías lleva aplicándose ya varios años, aún existen tres posturas muy características por parte de los docentes tal y como Bartolomé (2003) indica:

1. Aquellos que aún a día de hoy continúan rechazando la implantación de estas prácticas, o en caso de hacerlo lo hacen forzados por una fuerza superior (sea la institución para la que trabajan o la sociedad). En el caso de estos, la implantación de las nuevas tecnologías nunca va a dar frutos dentro del aula.
2. Los docentes, que aceptan y aplican las nuevas tecnologías, pero lo hacen sin analizar su necesidad, cayendo de esta manera en una incorporación vacua de estas, no aportando nada al proceso de enseñanza-aprendizaje o incluso empeorando la situación.
3. Por último se encuentran aquellos docentes que introducen las nuevas tecnologías pensando en la necesidad del alumnado, sus características y en lo que estas les aportan en momentos concretos.

Por tanto y para la correcta implementación de las TIC en el aula, los roles de alumno y docente han de ser ligeramente distintos a los habituales. De esta manera, el docente

deberá diseñar nuevas estrategias siempre buscando una motivación de los alumnos mediada desde el uso de estas TIC. También deberá de trabajar con los alumnos de manera dialógica, con el fin de transmitir el gusto por el estudio y despertar las inquietudes sobre la realidad que los rodea logrando así la motivación necesaria para lograr un aprendizaje significativo (Garibay, Angelone, Fraga, Polare, & Torres, 2014).

A pesar de lo beneficioso que puede resultar el uso de las TIC en educación el texto de Pere Marqués Graells (2012) indica que se ha de tener en cuenta las posibles limitaciones que pueden tener para intentar eliminarlas o paliarlas:

- Es necesario un espacio para que los alumnos trabajen, a pesar de que la mayoría de institutos actuales disponen de al menos un aula de informática, siempre se deberá tener presente.
- La información que reciben a través del uso de las TIC y más concretamente en esta PID, conlleva un gran volumen de información en poco tiempo. Por tanto y para evitar la saturación informativa en los alumnos, se desarrolló un guion de prácticas para que los alumnos pudieran consultar en cualquier momento, donde todas las funciones y opciones se encontraban explicadas.
- La formación del docente es clave para la implementación de las TIC en la mayoría de casos. En esta PID es necesario que el docente previamente haya practicado con la aplicación para poder comprender y dominar el uso de esta y así resolver las dudas que a los alumnos les surjan.

En este trabajo se pretende introducir las nuevas tecnologías mediante el uso de un soporte digital para la realización de cortes geológicos, que habitualmente se realizan de manera "analógica" en papel. De esta manera, aunque el concepto permanezca igual, las herramientas cambian, permitiendo en un bloque diagrama sedimentar, plegar, erosionar, fracturar... los estratos de una manera dinámica y en tiempo real, permitiendo analizar los cambios desde cinco caras, realizando cortes geológicos al bloque trabajado, creando testigos en distintas zonas, observando un mapa geológico... Todo ello permite de una manera dinámica y visual trabajar con un corte geológico que como se ha comentado, hasta ahora solo se ha trabajado en dos dimensiones y de manera estática, sin poder comprender que ocurría al resto del terreno que quedaba oculto por las restricciones inherentes a las dos dimensiones. Además si se quisiera, se podría imprimir una representación en papel mediante impresiones de pantalla de las distintas

caras que conforman el bloque trabajado para poder manipularla de manera manual y mejorar aún más la comprensión de una ciencia relativamente abstracta para los alumnos como es la Geología.

### 1.3.6. Errores conceptuales en estratigrafía: Dificultades con los mapas y cortes geológicos e ideas previas

La Geología y los conceptos que la rodean presentan un reto para los docentes a la hora de explicar estos contenidos y para los alumnos a la hora de comprenderlos.

La dificultad de percibir y comprender el tiempo geológico y las dimensiones propias de los elementos estudiados en esta ciencia la hacen difícil de trabajar. Los procesos geológicos tienen una vasta extensión y se dilatan en el tiempo en escalas que nada tienen que ver con la que se está acostumbrado a trabajar. Además cabe destacar que los problemas conceptuales relacionados con los cortes geológicos se pueden encontrar en la mayoría de niveles educativos. Tanto es así que se pueden localizar incluso en niveles académicos superiores como pueden ser estudios universitarios o incluso de máster.

Estos errores destacan por la dificultad existente a la hora de intentar eliminarlos, se trata de errores normalmente inducidos por falta de información o por información errónea a la que se está expuesto durante un largo periodo de tiempo, lo que hace que esta información a pesar de ser errónea se "enquiste". Estas ideas forman parte del conocimiento implícito del sujeto, que choca con las enseñanzas impartidas en los niveles educativos, dando como resultado que el aprendizaje sea deficiente o incoherente. Es por esto que son difíciles de eliminar y necesitan de un cambio conceptual consciente por parte del alumno. Para lograr dicho cambio conceptual, Strike y Posner consideran que es necesario que los conceptos existentes (erróneos) sean cuestionados y se produzca una insatisfacción con ellos. Además se ha de introducir una nueva idea que sea mínimamente entendible por el alumno, así como plausible, de esta manera esta nueva idea (correcta) irá ganando fuerza desplazando al error conceptual (Strike & Posner, *Conceptual change and science teaching*, 1982) (Strike, Posner, Hewson, & Gertzog, 1982).

Como ya se ha visto promover y lograr un cambio conceptual es una ardua tarea, sin embargo, autores como White consideran que la elaboración de secuencias de actividades de simulación sobre conceptos específicos (en este caso estratigrafía)

mediante programas informáticos, permiten a los alumnos construir modelos causales cada vez más complejos que permiten alcanzar un nivel de comprensión mejor y de esta manera eliminar los errores conceptuales poco a poco (White, 1993).

Es por esto que es necesario conocer los conocimientos que el alumnado posee, así como que estos sean conscientes de dichos conocimientos, por ello en este TFM se hará uso de dos pruebas para conocer la situación de la que parten los alumnos con el fin de implementar una PID útil para el alumnado. Estas pruebas adquieren una gran importancia para poder desarrollar esta propuesta de innovación docente de manera satisfactoria para los alumnos. Mediante estas se podrá conocer las ideas previas de las que se parte y de esta manera diseñar la PID de manera que las ideas erróneas que se identifiquen puedan ser desplazadas por ideas correctas, logrando así un aprendizaje significativo.

Por otra parte, la PID, solo se aplicará al curso de primero de Bachillerato, sin embargo para el TFM se van a analizar los errores conceptuales de los cursos de tercero de la ESO, primero de Bachillerato y segundo de Bachillerato mediante la prueba de conocimientos previos. De esta manera se pretenderá determinar cuáles son los principales problemas y errores conceptuales de los alumnos, si cambian a lo largo de los cursos y se tratará de dar una explicación a los resultados obtenidos. Analizar estos problemas es de gran utilidad para subsanar los problemas con los que se encuentran los alumnos que se enfrentan al estudio e interpretación de cortes y mapas geológicos, ya que no solo son necesarios en caso de cursar Geología en segundo de Bachillerato, sino que en la mayoría de las pruebas que los estudiantes tienen que superar para poder acceder a la universidad, los alumnos tendrán que realizar un corte geológico. Además, conocer en qué fallan los alumnos y la causa de estos problemas permite vislumbrar cual podría ser el momento adecuado para implementar los cortes geológicos de acuerdo a los resultados que se obtengan.

## **2. Cuerpo del trabajo**

Como ya se ha comentado previamente, este Trabajo Fin de Máster pretende diseñar una PID en la que, mediante el uso de modelos tridimensionales digitales, se aborde de una manera motivadora e innovadora los cortes geológicos y los principios estratigráficos que tantos problemas conceptuales causan al alumnado.

Para ello y como se verá más adelante, esta PID se implementa en el curso de primero de Bachillerato durante seis sesiones de clase en las que los alumnos trabajarán en parejas con la herramienta online gratuita *Visible Geology* en el aula de informática. Antes de la implantación de la PID se realiza una prueba de conocimientos previos (ANEXO I) para poder conocer el nivel del que parte la clase así como para identificar distintos errores conceptuales que puedan existir. Para el desarrollo de la propuesta, el alumnado dispone de una serie de ejercicios que deberán de resolver con la ayuda de un guion de prácticas de elaboración propia (ANEXO II) intentando que el docente no intervenga en la acción de aprendizaje, dejando esta al alumno. Con el fin de comprobar que los alumnos han participado activamente en los ejercicios, a pesar de trabajar en parejas, se realizará un ejercicio individual de evaluación (ANEXO III). Además de la prueba de conocimientos previos anteriormente mencionada, tras la implantación de la PID se realizará una prueba de conocimientos adquiridos (ANEXO IV) para comprobar si los alumnos han mejorado su percepción y comprensión de los Cortes Geológicos y principios de estratigrafía. De manera añadida se entrega también una encuesta de satisfacción (ANEXO V) para conocer la opinión de los alumnos respecto de la PID y un ejercicio para evaluar la progresión de los alumnos por separado respecto del manejo del programa.

### **2.1. Objetivos de la Propuesta de Innovación Didáctica**

Los distintos objetivos que se pretenden alcanzar mediante esta PID son los siguientes:

- Desarrollar una mejor comprensión de los conceptos básicos de estratigrafía como base para la comprensión de los cortes geológicos.
- Relacionar los cortes geológicos con su historia, columna estratigráfica y mapa geológico.
- Mostrar cómo los acontecimientos geológicos pueden influir en la generación de nuevos relieves.

- Proponer el uso de la herramienta digital como alternativa a los ejercicios habituales o a los modelos analógicos añadiendo un nuevo enfoque basado en las TICs.
- Propiciar un ambiente de trabajo en el que los alumnos sean el foco de atención del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Aumentar el interés por la Geología mediante el uso de tecnología atractiva para los alumnos.
- Mejorar la comprensión de conceptos Geológicos relativamente abstractos relacionados con la estratigrafía mediante el uso de dicha aplicación digital, la que permite trabajar procesos geológicos en tres dimensiones.

## **2.2.Contextualización de las clases**

El presente trabajo se desarrolla en un instituto de titularidad concertada con un gran número de alumnos situado en un barrio que actualmente se encuentra en expansión y de clase media/media-baja.

El curso con el que se va a trabajar durante la PID corresponde a primero de Bachillerato, un grupo formado por 23 alumnos (11 chicos y 12 chicas) entre los que existe variedad en cuanto a la formación en cuanto a Geología como se analizará más adelante. El grupo se podría describir como motivado e interesado con el aprendizaje, sin embargo, muestran una falta de esfuerzo a la hora de realizar actividades tanto en clase como durante la PID.

Como ya se ha comentado, se trabaja con un único curso (primero de Bachillerato) aunque la prueba de conocimientos previos se realiza a tres de ellos (tercero ESO con 24 alumnos, primero Bachillerato con 23 alumnos y segundo Bachillerato con 13). Con esto, se pretende analizar si la diferencia de edad y por tanto la madurez cognitiva de los alumnos tiene algún efecto en la comprensión de los abstractos conceptos relacionados con la estratigrafía en Geología y si se observa alguna evolución en este sentido de los niveles de tercer curso de ESO a segundo de Bachillerato.

No fue posible trasladar la prueba inicial al curso de cuarto de la ESO ya que durante el transcurso de las prácticas de este Máster coincidieron varios eventos relacionados con el centro que restaron gran cantidad de sesiones a la tutora, por lo que el tiempo para ver los contenidos era muy ajustado y no permitía introducciones "externas" al programa ya

elaborado. Sin embargo, se dispone de un examen realizado por la docente titular, que aporta datos interesantes similares a los que se podrían haber logrado con la prueba de conocimientos previos.

La elección de estos grupos se basa en la disparidad de los niveles generales de Geología así como de los relacionados con la estratigrafía en concreto. La docente titular con la que se desarrolla esta PID es la encargada de las clases en las que la prueba de conocimientos previos fue realizada (tercero de ESO, primero de Bachillerato y segundo de Bachillerato). Además el grupo de primero de Bachillerato durante el curso pasado de cuarto de ESO también estuvo con dicha docente, por tanto se sabe de qué nivel de conocimientos parten ambos grupos. Sin embargo, el grupo de segundo de Bachillerato durante su curso de primero de Bachillerato tuvo una docente distinta por lo que se desconoce la profundidad con la que trabajaron este tema y por tanto, no se puede estimar el nivel de conocimientos de los que parten, salvo a través de la realización de la prueba de conocimientos previos.

Como ya se ha comentado, mediante el análisis de los distintos grupos se podrá observar qué errores conceptuales se comenten y la relación con los distintos cursos y comprobar si se mantienen a lo largo del tiempo, si se dejan de cometer algunos mientras que otros se siguen manifestando o si realmente desaparecen. Obviamente el caso ideal requeriría analizar un mayor número de alumnos con distintos docentes y de diferentes centros para poder obtener una muestra mayor y poder llegar a conclusiones cercanas a la realidad, sin embargo este TFM sólo se centra en los grupos ya explicados.

Se podría decir por tanto, que la propuesta de innovación se implanta en las clases de Biología y Geología de primero de Bachillerato, con un total de 23 alumnos de los cuales la gran mayoría disponen de conocimientos previos de Geología. Se extenderán a lo largo de 6 sesiones, en las que los alumnos deberán trabajar en clase, experimentando con el programa para lograr realizar los seis ejercicios propuestos.

Una vez terminados los ejercicios y para poder evaluar individualmente el aprendizaje de cada alumno se realizará una prueba individual de manejo del programa como parte de la PID, y finalmente una prueba de conocimientos adquiridos (cuestionario o prueba final) así como la encuesta de satisfacción.

## 2.3. Organización de los grupos de trabajo

En la sala de ordenadores, como ya se ha comentado, se establecerán grupos de dos personas. Dichos grupos serán libres, es decir, los propios alumnos pueden elegir con quien unirse. Sin embargo, siempre se intentará que no coincidan dos alumnos que no hayan trabajado anteriormente cortes geológicos por razones obvias.

Durante la realización de los ejercicios en clase los grupos tienen permitido interactuar entre ellos, siempre que sea para resolver dudas. De esta manera los alumnos trabajan de manera conjunta para resolver un problema común, lo que refuerza su aprendizaje.

## 2.4. Propuesta de Innovación Docente

### 2.4.1. La aplicación: *Visible Geology*

Para realizar la PID, se hará uso de la aplicación *Visible Geology* que se puede encontrar en la página <http://visible-geology.appspot.com/>.

La página web así como la aplicación se encuentran en inglés lo que puede llegar a suponer un problema. Para solventarlo se ha redactado un guion de prácticas exhaustivo con los textos originales así como su traducción al castellano que se entrega a los alumnos. Como alternativa, mediante *Google Translate* se podrá traducir la página al castellano, sin embargo, la traducción dista de ser precisa.

*Visible Geology*, permite trabajar con un bloque diagrama en forma de cubo de tres dimensiones el cual se puede mover al antojo del operario permitiendo observar todas sus caras desde distintos ángulos.

La aplicación dispone de tres apartados distintos para trabajar separados en Geología, Topografía y un último apartado bajo el nombre Explorar:

En el primero de ellos se disponen las herramientas necesarias para poder realizar los procesos geológicos más comunes dentro de los cortes geológicos. Así se muestran opciones para depositar capas, realizar basculamientos, plegamientos, valles y colinas, inconformidades, diques, fallas y cabalgamientos. Cada uno de estos apartados tiene sus propias opciones de configuración que pueden ser alteradas para conseguir el efecto que se desee.

El segundo apartado referente a la Topografía y como su nombre indica, permite alterar el relieve del bloque con el que se está trabajando. Para ello se dispone de una selección de distintos relieves comunes así como de una herramienta que permite generar un relieve personalizado mediante la adición de nubes de puntos de distintas alturas y una interpolación automática de estos, permitiendo así una gran personalización de la topografía.

El último apartado, nombrado Explorar, permite realizar cortes geológicos a lo largo del bloque, "perforar" testigos en el terreno, medir distancias o poner etiquetas de buzamiento de los estratos.

Si bien la aplicación es por lo general bastante intuitiva, hay ciertas opciones que resultan demasiado complicadas de manejar como para introducirlas en esta PID, por ello las herramientas encargadas de generar cabalgamientos no serán usadas. Por otra parte, existen herramientas que a pesar de ser sencillas de usar, requieren usar una metodología de prueba y error ya que no permiten visualizar su resultado hasta que se han realizado. Es el caso de las herramientas de colinas y valles e inconformidad. Esto no es un impedimento para el funcionamiento normal de la aplicación ya que esta permite siempre borrar pasos anteriores con el fin de poder corregir errores.

Se estima que la aplicación a pesar de tener los puntos negativos descritos anteriormente, puede ser de gran ayuda para que los alumnos desarrollen una mejor comprensión de los procesos geológicos, así como de los cortes y mapas geológicos mediante el uso de una herramienta interactiva que les permita realizar todo tipo de modificaciones al bloque y observarlas desde distintos ángulos.

Además, la aplicación dispone de una función de guardado que permite almacenar en un enlace web los cortes realizados, por lo que resulta idóneo para poder hacer un seguimiento del progreso de los alumnos a lo largo de la implementación de la PID, ya que pueden mandar los enlaces de sus bloques por correo electrónico.

#### 2.4.2. Impartición de la PID: metodología y materiales

Para el desarrollo de la PID el docente tendrá un rol pasivo mientras que los alumnos deberán ser los protagonistas del proceso de aprendizaje a través de la herramienta.

En una primera sesión se les presentará el programa y el guion de prácticas con el fin de que sean ellos quienes inviertan tiempo en familiarizarse y descubrir cómo funciona cada una de las herramientas y como abordar los distintos ejercicios propuestos.

De esta manera se pretende que los alumnos adquieran los conocimientos mediante el aprendizaje por descubrimiento acuñado por Jerome Bruner (1961), donde las actividades se colocan como eje central de todo proceso de enseñanza-aprendizaje ya que es él el que ha de formar su propio conocimiento mediante el descubrimiento por experimentación tal y como Olga Zarza (2009) explica en su trabajo. Por otra parte, los alumnos se dividirán en parejas, formadas siempre por al menos un componente que haya cursado geología el año anterior a la PID. De esta manera se pretende que cada pareja resuelva los problemas mediante el diálogo, la experimentación y la cooperación. También cabe destacar que aunque los grupos sean por parejas, se permite la interacción entre grupos, favoreciendo un clima de trabajo cooperativo donde todos los participantes son a la vez alumnos y maestros, lo cual refuerza aún más el aprendizaje significativo anteriormente comentado.

Una de las bases de este proyecto es la capacidad de poder utilizar la herramienta desde cualquier dispositivo con conexión a internet (ordenador, teléfono, tablet...), así como que la aplicación usada sea gratuita, siempre con el fin de poder facilitar su uso y no dejar de lado a ningún alumno independientemente de sus condiciones. Por ello las clases se desarrollan en una de las aulas de informática del centro. Dicho aula dispone de ordenadores suficientes como para que los alumnos se dispongan en parejas, así como de un proyector que facilita las explicaciones pertinentes del docente.

Por otra parte se les entregará a los alumnos el guion de prácticas, que se puede encontrar en el ANEXO II para su consulta.

Cabe destacar que por proposición de la docente titular, la parte del temario relacionada con la Geología se impartió mediante las prácticas dispuestas por este trabajo. Esto supone una mayor implicación por el docente en prácticas y de la titular así como de la preparación de un apartado de conocimientos teóricos para el guion de prácticas realizado. Por ello y por la presencia en las pruebas iniciales de varios alumnos que carecían de los conocimientos básicos (ya fuera por no haber dado dichos

conocimientos o no recordarlos), se decidió añadir un pequeño apartado con teoría relacionada a los cortes geológicos en dicho guion.

Además de lo anterior, es recomendable que los alumnos dispongan de un cuaderno para anotar sus propias indicaciones de las funciones del programa para una mejor comprensión mediante su propio lenguaje. Esto no es estrictamente necesario, ya que existen espacios designados para los ejercicios y para anotaciones en los márgenes, pero siempre será recomendable.

Esta PID se implementó en seis sesiones, las cuales vienen detalladas en el apartado de cronograma y secuencia de actividades. Los ejercicios realizados pueden encontrarse en dicha sección o en el anexo referente al guion de prácticas (ANEXO II) en las páginas 57 a 62. Todos los ejercicios mencionados son mandados al correo electrónico de la docente titular (el cual usan asiduamente durante sus clases) para evitar dar el correo de la universidad o el personal a los alumnos así como para realizar un seguimiento de los alumnos y de la adquisición de conocimientos y un registro de los ejercicios. En caso de no terminar una actividad en clase, esta se debía terminar en casa y mandar igualmente por correo para no romper el ritmo de la clase.

En un escenario ideal, se utilizarían más sesiones para que los alumnos desarrollaran un mejor control de la aplicación y pudieran analizar en profundidad los resultados que se obtienen con esta e incluso imprimir los distintos bloques creados para compararlos con el modelo online. Sin embargo, la falta de tiempo dentro del periodo de prácticas y la dificultad de cuadrar la propuesta de innovación con los estrictos tiempos marcados por el currículo lo han impedido.

Con el fin de poder evaluar la progresión realizada por los alumnos a lo largo de la implementación de la PID, además de la observación de los ejercicios, se realiza una prueba de conocimientos adquiridos al finalizar dichos ejercicios. Para ello se ha diseñado una prueba similar a la inicial para poder ser comparada y de esta manera, analizar ambas pruebas con el fin de identificar si parte de los errores conceptuales se han eliminado o por el contrario siguen arraigados en los alumnos. Por otra parte también se comprueba si la visión espacial ha mejorado gracias al uso de un bloque

interactivo de tres dimensiones en comparación con la clásica vista en dos dimensiones de los cortes geológicos.

Finalmente se realiza una encuesta de satisfacción al alumnado para conocer su opinión respecto a la utilidad que encuentran a la herramienta, si han mejorado sus conocimientos, si les ha resultado amena y finalmente si el docente ha sido capaz de transmitir los conocimientos de manera correcta.

## 2.5. Cronograma y secuencia de actividades

La PID se distribuye a lo largo de seis sesiones de 50 minutos cada una, coincidiendo con la duración de las clases de Biología-Geología de primer curso de Bachillerato tal y como se muestra en la Tabla 1:

Sesión nº	Fecha	Actividades
0	14/04/2018	<b>Prueba de conocimientos previos.</b>
1	07/05/2018	Explicación de la intencionalidad del trabajo a los alumnos y toma de contacto de estos con la página web con la que trabajarán. Deberán investigar por su cuenta qué realiza cada función mediante la ayuda del guion de prácticas.
2	08/05/2018	<b>Ejercicios 1 y 2:</b> Cortes geológicos simples de pocos estratos y procesos sencillos de basculamiento y plegamiento.
3	10/05/2018	<b>Ejercicios 3 y 4:</b> Introducción de cortes, fallas y diques en los ejercicios. Introducción al uso de la herramienta de topografía.
4	11/05/2018	<b>Ejercicios 5 y 6:</b> Al contrario que los anteriores, se les presenta una historia geológica sin representación del corte. Deberán realizar el corte mediante la lectura de la historia geológica.
5	14/05/2018	<b>Ejercicio de evaluación individual:</b> Permite conocer si todos los alumnos han trabajado en el programa o si han sido meros espectadores.
6	17/05/2018	<b>Prueba de conocimientos adquiridos y encuesta de satisfacción.</b>

Tabla 1 - Cronograma y secuencia de actividades por número de sesión y fecha

Cabe destacar como nota aclaratoria que todos los ejercicios se realizan mediante Visible Geology. Al buscar que los alumnos experimenten con la aplicación no se desarrolló un cronograma detallado de cada sesión, ya que son los alumnos quienes marcan su ritmo dentro de las clases. La única imposición realizada era la de acabar los ejercicios propuestos para la sesión en concreto ese mismo día.

### 2.5.1. Prueba de conocimientos previos - Anexo I

Como ya se ha indicado, se trata de una prueba con la finalidad de identificar los problemas tanto de contenido como conceptuales que tienen los alumnos.

Para ello se realiza una prueba en la que se presenta un corte geológico y una columna estratigráfica con seis cuestiones sobre elementos presentes en ambas así como una séptima en la que se pide la historia geológica. De esta manera se pretende evaluar el conocimiento teórico que tienen los alumnos en relación a la estratigrafía y los cortes geológicos.

Por otra parte se añaden también dos ejercicios más relacionados con la capacidad visual de los alumnos a la hora de interpretar cortes geológicos, para lo que se les presentan diferentes bloques en tres dimensiones realizados con la aplicación en los que deberán dibujar los distintos estratos que faltan (Figura 5).

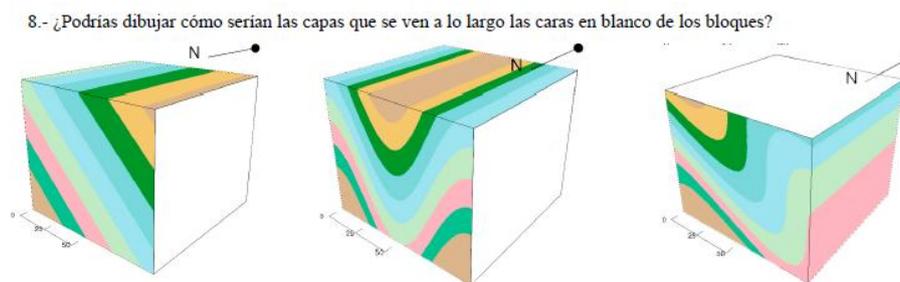


Figura 5 - Recorte de la prueba de conocimientos previos, visualización espacial en cortes geológicos

Como pregunta 0 se añade una en referencia a cuál fue el último curso en el que los alumnos vieron geología y cortes geológicos con el fin de identificar qué alumnos podrían tener problemas por no haber dado la materia.

### 2.5.2. Ejercicios 1 al 6 - Anexo II

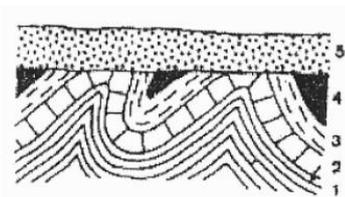
Se trata de los ejercicios realizados en clase por parejas. En estos ejercicios se les presenta a los alumnos un corte geológico así como unas preguntas para guiarles en la consecución del ejercicio (Figura 6). Estas preguntas hacen referencia a los elementos del corte, instando a los alumnos a comprobar cuantas series estratigráficas existen en el corte o si hay o no presencia de procesos relacionados con rocas ígneas, todo ello finalizado con la redacción de la historia geológica.

Se estima necesaria la creación de la historia geológica de cada uno de los cortes por dos razones:

La primera de ellas porque de esta manera se están trabajando los contenidos propiamente teóricos aplicados a los cortes.

La segunda porque de esta manera, es más fácil para los alumnos desarrollar en la aplicación los cortes geológicos ya que solo tienen que seguir los pasos que han descrito en la historia geológica.

**Ejercicio 2**



- ¿Cuántas series estratigráficas hay en este corte? ¿Qué estratos son parte de estas series?
- ¿Qué tipos de contactos hay entre las diferentes series?
- ¿Existe algún proceso o estructura relacionado con rocas ígneas?
- ¿Qué procesos tectónicos se pueden apreciar en el corte?
- Con los datos anteriores, describe la historia geológica.

El desarrollo de estos ejercicios está pensado para ir aumentando la dificultad de los cortes geológicos tanto

**Figura 6 - Recorte del guion de prácticas, ejercicio 2**

conceptualmente como mediante el programa. Así, los dos primeros cortes de la segunda sesión son de carácter sencillo, con una historia geológica sencilla y los dos siguientes cortes incorporan procesos más complejos. Los ejercicios 5 y 6 son distintos a los anteriores, ya que invierten la aproximación con la que se suele trabajar en los cortes geológicos. Para estos ejercicios no se presenta un corte, por el contrario lo que los alumnos reciben son las mismas preguntas que ellos han tenido que responder en el resto de ejercicios contestadas así como una historia geológica. Deberán ser los alumnos quienes a través de una historia geológica pero sin una imagen de un corte desarrollen dicho corte mediante la aplicación online.

### 2.5.3. Ejercicio de evaluación individual - Anexo III

Como ya se ha comentado, se trata de un ejercicio que pretende dar a conocer si todos los alumnos han trabajado los contenidos de la PID demostrando que son capaces de hacer un ejercicio similar a los anteriores de manera individual.

Para ello se presenta una historia geológica, de igual manera que en los ejercicios 5 y 6 anteriores, sobre la que a lo largo de una sesión deberán reconstruir en el bloque de la aplicación *Visible Geology* y mandarlo por correo.

#### 2.5.4. Prueba de conocimientos adquiridos - Anexo IV

Se presenta mediante una estructura similar a la prueba de conocimientos previos con el fin de poder comparar ambas entre sí. Esta prueba consta de un cuestionario de verdadero/falso con preguntas que se han trabajado a lo largo de la PID así como con ciertos errores que se cometieron en la prueba inicial con el fin de comprobar si estos errores ya no se cometen o por el contrario aún se mantienen.

Por otra parte, la prueba incluye de nuevo y al igual que en la prueba inicial, una sección relacionada con la capacidad visual de los alumnos para comprobar si estos han comprendido los principios básicos de estratigrafía y si han mejorado su visión espacial en lo referente a cortes geológicos (Figura 7). Esta prueba se realiza con el guion de prácticas, ya que no se trata de que los alumnos memoricen cómo funciona el programa si no de que lo manejen y comprendan.

b) ¿Podrías dibujar cómo serían las capas que se ven a lo largo de las caras en blanco de los bloques?

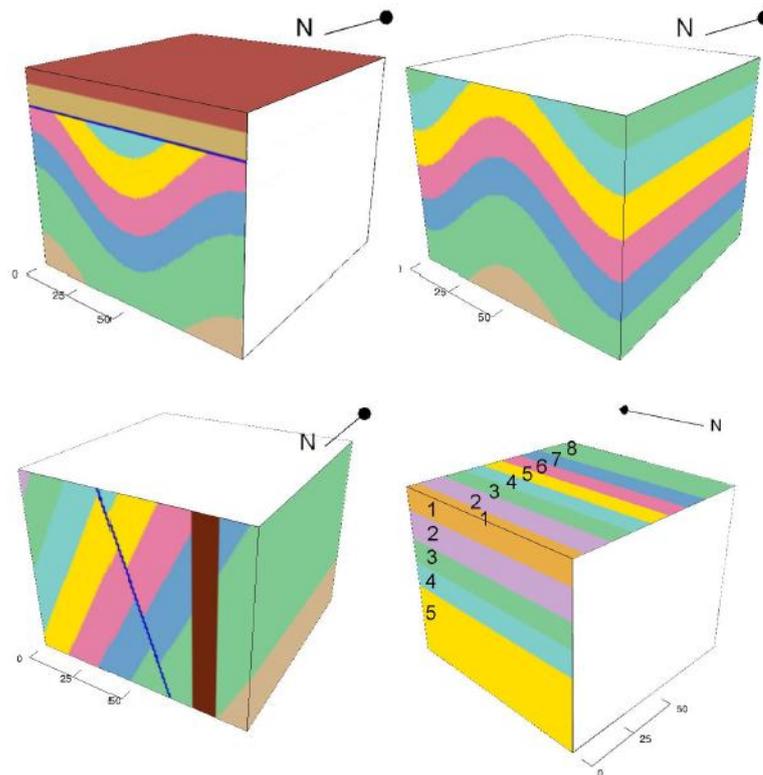


Figura 7 - Recorte de la prueba de conocimientos adquiridos, visualización espacial en cortes geológicos

Cabe mencionar que los ejercicios realizados por la docente titular para la evaluación académica de los contenidos se encuentran en el apartado de anexos para su consulta

pero no han sido incluidos en esta sección por no ser parte de la implementación de la PID.

#### 2.5.5. Encuesta de satisfacción - Anexo V

Se trata de un cuestionario realizado a los alumnos con el fin de conocer que valoración tienen estos de la PID en general, así como de puntos concretos de esta como por ejemplo, si son capaces de desarrollar historias geológicas tras la implementación de la PID.

La encuesta toma como punto de partida la escala Likert, donde se ha de elegir en qué grado se está de acuerdo o en desacuerdo con una afirmación. Además se ha diseñado con tres grupos de preguntas con el fin de facilitar a los alumnos dar su opinión: el uso de la aplicación como tal, a los conceptos aprendidos y al nivel de dificultad.

### **2.6. Resultados y discusión**

En este apartado se presentan de manera separada los resultados obtenidos para cada una de las pruebas realizadas a los alumnos.

#### 2.6.1. Examen académico de cuarto curso de ESO - (ANEXO VI)

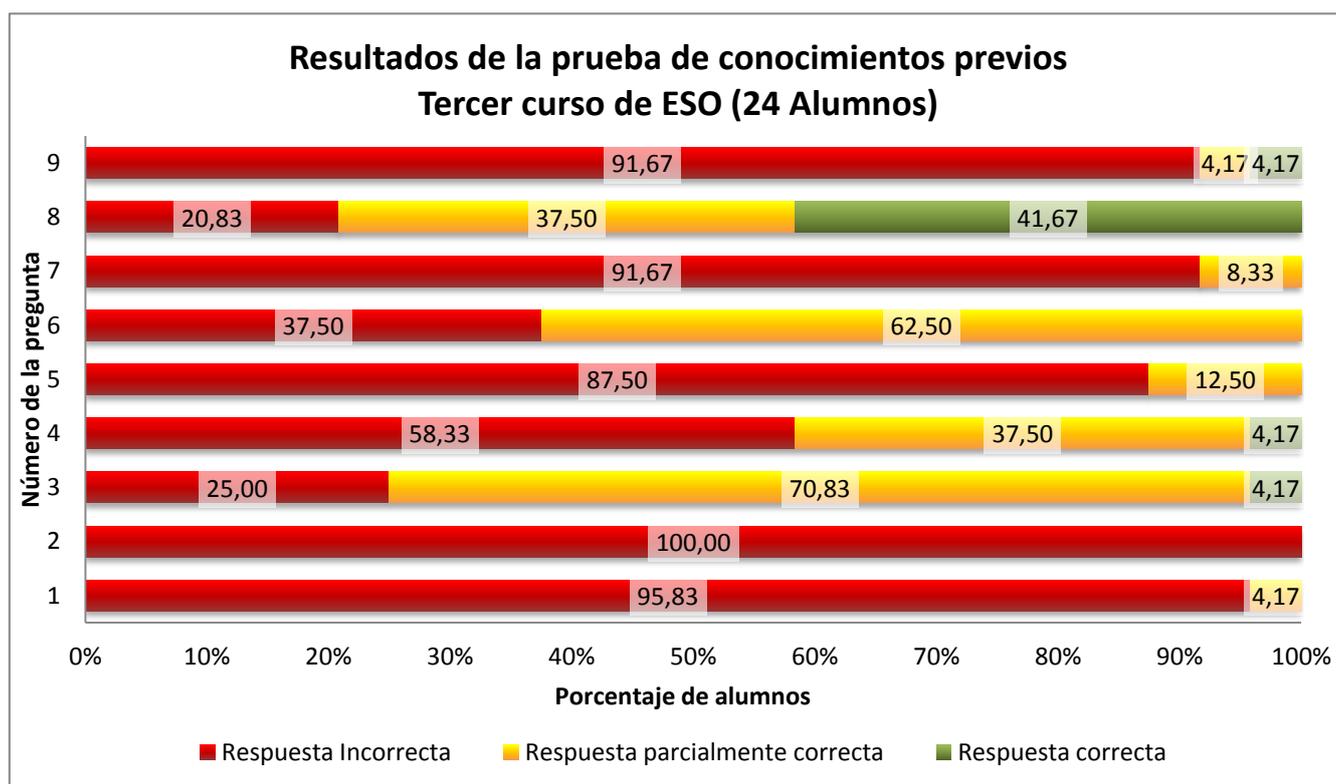
Antes de poder implementar la propuesta de innovación docente, se tuvo la oportunidad de consultar unos exámenes de cuarto curso de ESO realizados por la docente titular.

Como ya se ha comentado, no fue posible entregar la prueba de conocimientos previos a este curso de cuarto de la ESO, por tanto y para intentar tener algún material que sirva de referencia se decide usar este examen. Dicho examen contiene cuestiones similares en parte a la prueba de conocimientos previos realizada en este trabajo, por lo que los resultados pueden ser incorporados.

En este examen se pudieron observar varios errores conceptuales que van en contra de los principios básicos de estratigrafía, que los alumnos repetían con cierta asiduidad:

1. Algo más de la mitad de los alumnos (52.4% de errores respecto del total de la clase) son incapaces de determinar si una falla ocurre antes o después de la deposición de un estrato en concreto.
2. En otro ejercicio el 66.67% de los alumnos no completo de manera satisfactoria el orden en el que acontecieron los procesos geológicos.
3. Más de la mitad de la clase (57.14%) no es capaz de señalar correctamente las discordancias presentes en un corte geológico.

## 2.6.2. Prueba de conocimientos previos - Tercer curso de ESO - (ANEXO I)



**Gráfico 1 - Resultados de la prueba de conocimientos previos de 3º ESO**

Las primeras 7 preguntas de esta prueba están centradas en contenidos teóricos necesarios para la comprensión e interpretación de los cortes geológicos. Se puede observar en los resultados del Gráfico 1 que en las dos primeras preguntas los alumnos son incapaces de nombrar y diferenciar un corte geológico de una columna estratigráfica y que desconocen el nombre específico de las "capas" que conforman un corte (estratos). En la pregunta número tres encontramos que gran cantidad de alumnos (75% si contamos las respuestas parcialmente correctas y correctas) es capaz de diferenciar las capas existentes en el corte con éxito, pero sin embargo fallan a la hora de ordenarlas cronológicamente como se muestra en la cuarta cuestión. En cuanto a la identificación de estructuras (preguntas 5 y 6), se puede decir que los alumnos no consiguen diferenciar la falla con éxito, pero sin embargo el volcán presente es identificado por algo más de la mitad de la clase. En la séptima cuestión se pide a los alumnos redactar una historia geológica, la cual no puede ser escrita si no se comprenden los apartados anteriores, por lo tanto, un 91% es incapaz de escribirla correctamente. Esto es lógico ya que como se ha indicado anteriormente no es hasta cuarto de la ESO que los alumnos aprenden estos conceptos, por tanto se puede decir que en este nivel no disponen de los

conocimientos necesarios para poder completar correctamente la mayoría de estas preguntas por no haberse impartido aún.

En lo que a la visión espacial en los cortes se refiere, se obtienen buenos resultados con el ejercicio en el que han de dibujar una de las caras de un bloque, donde solo un 20% no han sido capaces de dibujar al menos uno de estos diagramas.

Por último, se encuentra que el 91% de los alumnos no ha contestado correctamente a la última cuestión en la que tienen que de desarrollar un bloque de 5 caras. Esto podría indicar que este grupo de alumnos es capaz de resolver los primeros ejercicios de visión espacial mediante intuición, pero que no son capaces de hacer lo mismo con el segundo, probablemente porque se les pida más de una cara y por no entender los dibujos que hacen referencia al buzamiento de las caras.

### 2.6.3. Prueba de conocimientos previos - Primer curso de Bachillerato - (ANEXO

I)

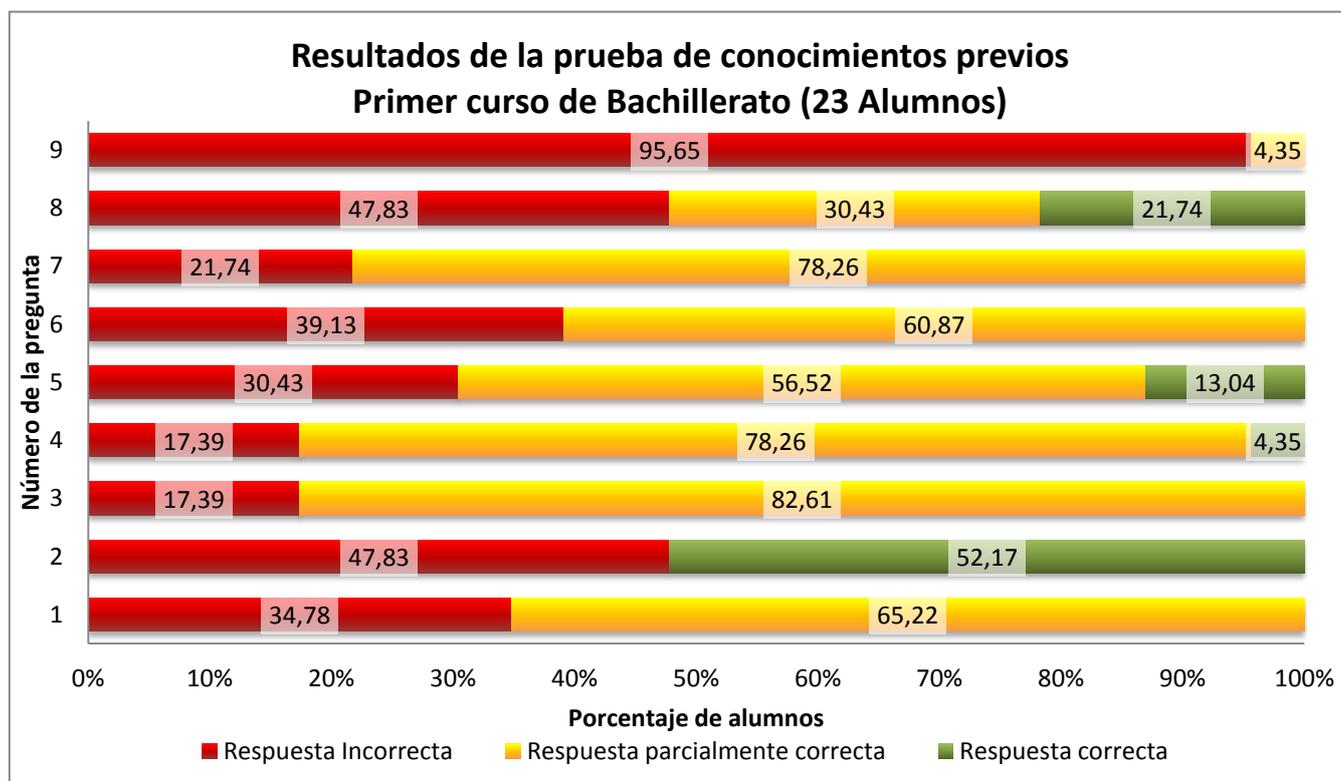


Gráfico 2 - Resultados de la prueba de conocimientos previos de 1º Bachillerato

En este curso y como se muestra en el Gráfico 2 los resultados de las preguntas de contenidos teóricos (1 a la 7) obtienen mejores resultados en comparación al caso anterior. Probablemente se deba a que este grupo de alumnos sí tiene los conocimientos necesarios para responder estas preguntas dado que son contenidos que se imparten en cuarto de la ESO. Se puede observar que el porcentaje de respuestas incorrectas es menor en todos los casos, sin embargo, no se observa una mejoría demasiado notable en las respuestas correctas, que mantienen sus porcentajes. Una excepción a esta regla es la pregunta número dos, que debido a su carácter dicotómico no puede ser parcialmente correcta y en la que de nuevo, se observa una mejoría del 50%.

En el caso de la octava pregunta relacionada con la visión espacial, se encuentra que el porcentaje de respuestas parcialmente correctas es similar, sin embargo y en general, los resultados son peores, ya que el valor de las respuestas correctas es de un 21% frente al 41% del caso anterior. En la última cuestión encontramos resultados similares, con la excepción de que ningún alumno ha respondido correctamente, al contrario que en caso anterior.

Estos resultados en la percepción espacial en los cortes resultan paradójicos. Primeramente vemos una mejoría en la parte "teórica" de la prueba, pero por el contrario en la parte visual los resultados han sido notablemente peores cuando cabía esperar lo opuesto ya que los alumnos deberían de tener una mejor visión espacial respecto al primer grupo.

2.6.4. Prueba de conocimientos previos - Segundo curso de Bachillerato -  
(ANEXO I)

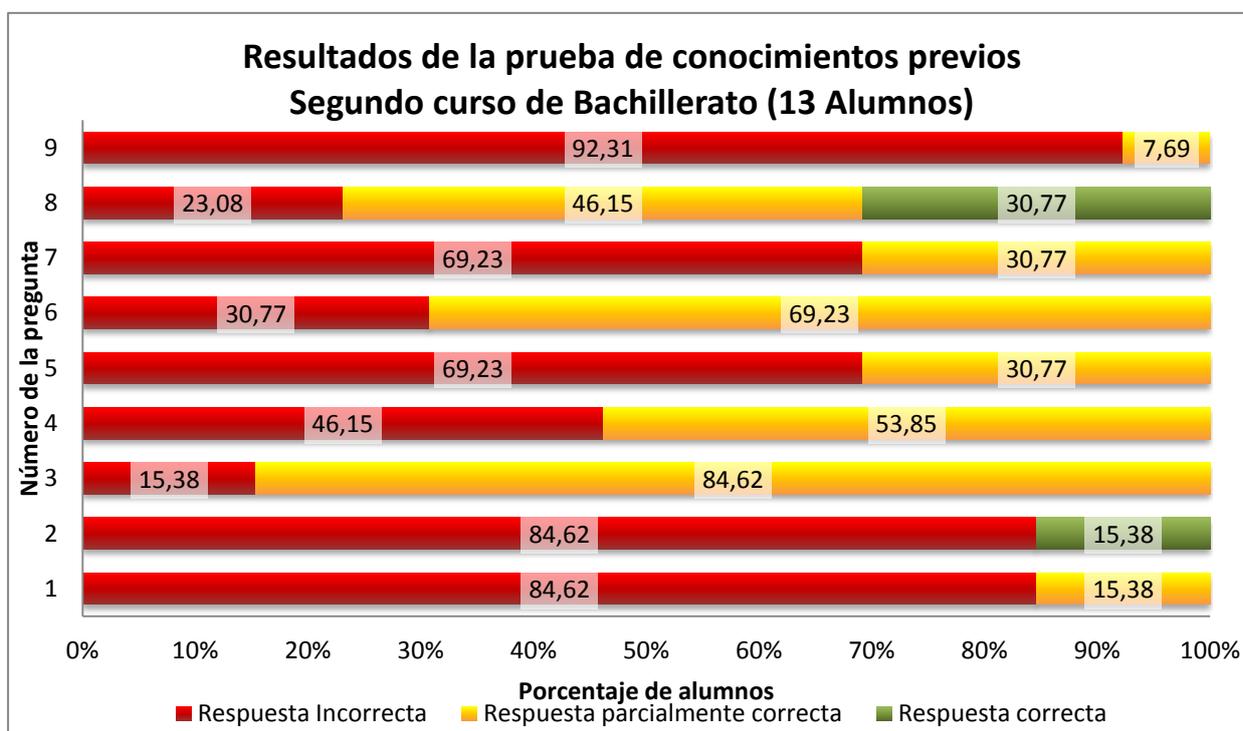


Gráfico 3 - Resultados de la prueba de conocimientos previos de 2º Bachillerato

En este último caso (Gráfico 3) se puede observar que en las preguntas del primer bloque referente a los contenidos teóricos se obtienen peores porcentajes de respuesta, siendo notable en las dos primeras cuestiones donde en el caso anterior obteníamos porcentajes de acierto pleno o parcial de 65% y 52% para las preguntas 1 y 2 respectivamente, ahora se obtienen porcentajes del 15% de acierto. El resto de cuestiones mantienen porcentajes similares con el caso anterior si bien como ya se ha comentado son ligeramente peores. Otro despunte negativo en comparación al caso anterior se da en la pregunta número 5 en la que de un 30% de respuestas incorrectas se ha pasado a un 70%. Estos resultados podrían ser explicados por el aprendizaje memorístico que realizan los alumnos por lo general, en el cual no incorporan verdaderamente conocimientos.

Por último comparando con el grupo de primero de Bachillerato en lo referente al segundo bloque, se obtiene una mejoría del 20% en la octava pregunta, mientras que en la novena, aunque los resultados son mejores, solo son de un 2% menor de errores. Por tanto se podría decir que aparece una mejoría visual que podría estar sujeta a la edad de

los alumnos, aunque no es lo que ocurría en el caso anterior, por lo que podría ser por otros factores tales como el grupo.

En comparación con los resultados obtenidos en tercer curso de la ESO se podría decir que se obtienen resultados similares en ambos cursos, con cierta mejoría por parte de este último curso de segundo de Bachillerato. Esto sorprende ya que lo esperado sería que se obtuvieran mejores resultados en todos los ámbitos primeramente por la preparación teórica recibida y por otro lado por la mayor madurez cognitiva esperada en estos alumnos.

Atendiendo al porcentaje de respuestas correctas o parcialmente correctas de los tres grupos se podría concluir que en general el grupo que mejor domina los conceptos teóricos (preguntas 1 a 7) es el de primero de bachillerato, probablemente por su mayor cercanía a los contenidos de cuarto de la ESO en los que se obtienen las bases para realizar Cortes Geológicas. Sin embargo, en cuanto a visión espacial, los resultados obtenidos son los contrarios a los esperados. Se esperaba que el grupo de segundo de Bachillerato tuviera una visión espacial más clara y organizada de los bloques en tres dimensiones presentados, pero los resultados indican que fue la clase de tercer curso de la ESO quienes obtuvieron mejores resultados en este ámbito.

Por tanto se puede concluir que el grupo de tercero de ESO y de segundo de bachillerato tiene un mejor dominio de su visión espacial en comparación con la clase de primero de Bachillerato que por el contrario, destaca por sus conocimientos teóricos aplicados a cortes geológicos.

Siempre se ha de tener en cuenta en estos resultados en los se analizan varios grupos, que debido a la falta de una mayor muestra de alumnos no pueden ser tomados como resultados absolutos. Pueden influir factores como el rendimiento de la clase, la motivación del alumnado en ese momento concreto o la hora en la que se realizó la prueba.

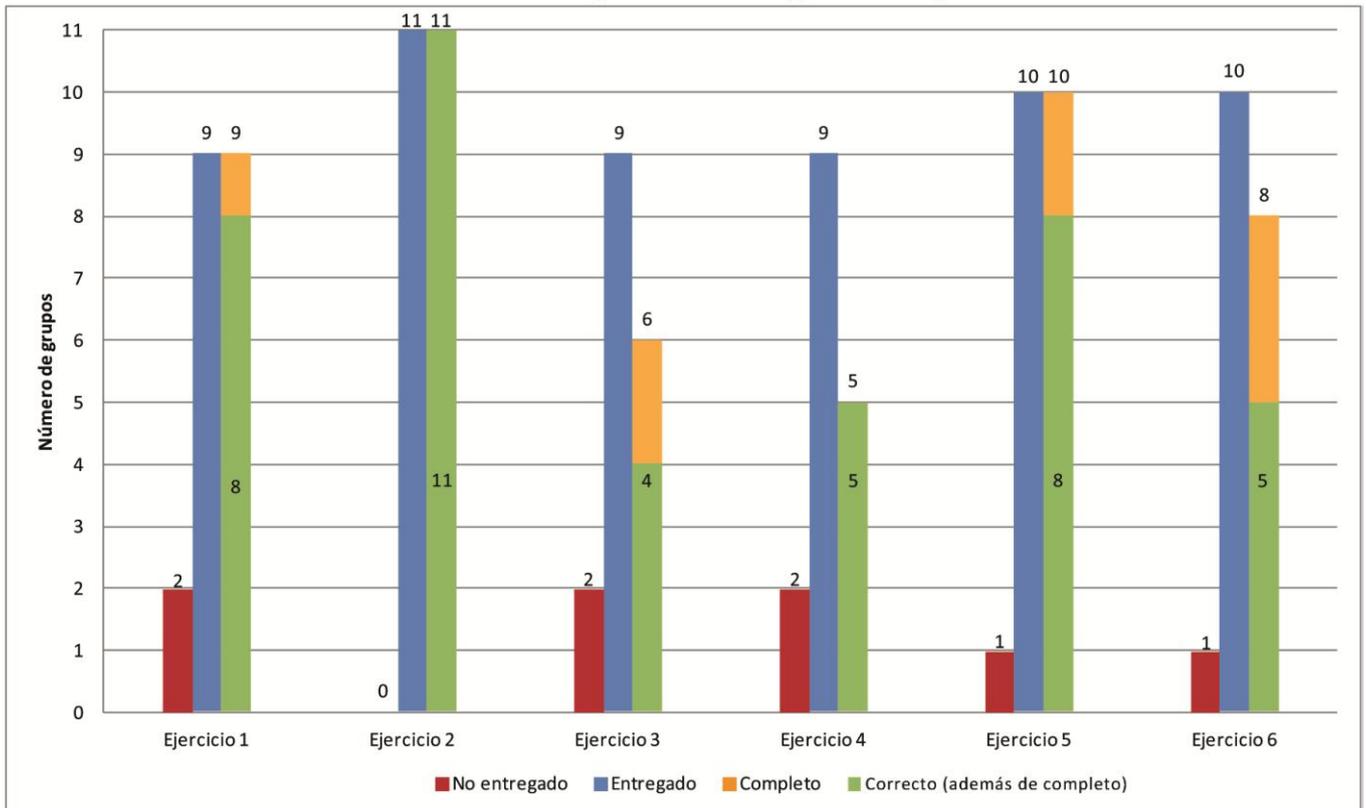
#### 2.6.5. Ejercicios uno al seis de la PID - (ANEXO II)

Los resultados obtenidos en relación a la realización de los ejercicios han sido medidos en función de si el ejercicio se ha entregado y de si en caso de estar entregado estaba

completo y correcto. La diferencia entre un corte geológico completo y otro correcto, reside en que en ambos, todos los elementos que deberían de aparecer, están representados, pero en el segundo caso, están colocados en el lugar indicado.

Con el fin de llevar un registro y una evaluación por parte de la docente titular de estos ejercicios se ha realizado una tabla excel dividida en los once grupos que formaban la clase de la que se han podido extraer los datos mostrados en el Gráfico 4:

**Resultados de los ejercicios del guion de prácticas**



**Gráfico 4 - Resultados de los ejercicios del guion de prácticas**

### **Corte 1**

De los once grupos se ha encontrado que dos de ellos no han entregado el ejercicio. Del resto de grupos se puede decir que todos han entregado el ejercicio de manera correcta salvo uno de ellos que lo hace de manera completa.

### **Corte 2**

Todos los grupos han entregado el ejercicio y lo han llevado a cabo de manera correcta. Tanto este corte como el primero son de carácter sencillo para que los alumnos se familiaricen con el programa, por tanto la ayuda del docente ha sido mayor y por ello la mayoría de los resultados son positivos.

### **Corte 3**

Para este corte, dos de los grupos no entregan el ejercicio.

De los que sí lo han hecho, cuatro han sido capaces de realizarlo correctamente, frente a los seis que lo hicieron de manera completa.

### **Corte 4**

Nueve grupos entregaron el ejercicio de los cuales cinco lo realizaron de manera completa y correcta frente a los cuatro restantes de los grupos que lo entregaron que no fueron capaces.

Los resultados de los cortes 3 y 4 son peores que los anteriores, primeramente por que el docente intervino menos durante el desarrollo de estos y por que introdujeron elementos más complejos que requerían de atención al detalle por parte de los alumnos. De ahí que bastantes grupos consiguieran introducir todos los elementos, pero solo unos pocos lo hicieron de manera correcta.

### **Corte 5**

Un único grupo no entregó el ejercicio, de los diez que sí lo hicieron todos lo realizaron de manera completa pero dos de ellos no lograron hacerlo de manera correcta.

### **Corte 6**

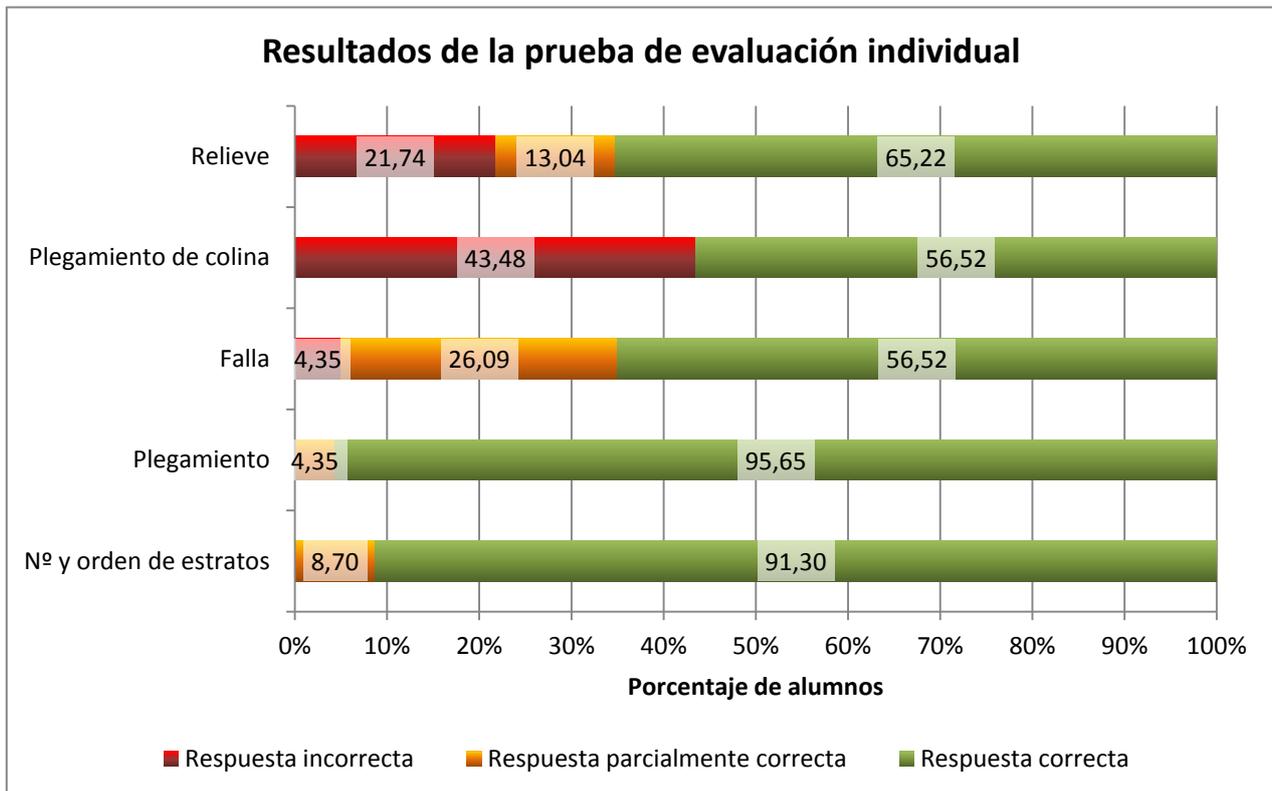
De nuevo existe un grupo que no entrega el ejercicio, de los diez restantes, ocho lo realizan de manera completa y cinco lo trabajan correctamente.

En estos dos últimos cortes los resultados mejoran ligeramente respecto a los dos anteriores a pesar de ser igual o más complejos. Esto se debe a que los alumnos encontraron más sencillo realizar un cubo mediante Visible Geology a través de una historia geológica ya dada que a partir de un corte geológico como tal.

Si se analizan los porcentajes de los trabajos entregados, que se encuentran más arriba, se puede observar que el primer, segundo y quinto ejercicio se realizan de manera más que satisfactoria, superando un umbral del 80% de ejercicios correctos. Como ya se ha comentado estos resultados probablemente estén ligados a la sencillez de los dos primeros ejercicios así como a una mejor comprensión de los ejercicios en los que había que crear el bloque en la aplicación mediante una historia geológica.

En el resto de cortes (3, 4 y 6) los resultados son peores debido a la mayor carga de conocimientos necesaria para poder desarrollarlos correctamente tal y como demuestran los resultados, todos cercanos a un 50% de ejercicios no completos.

### 2.6.6. Ejercicio de evaluación individual - (ANEXO III)



**Gráfico 5 - Resultados de la prueba de evaluación individual**

En este ejercicio (Gráfico 5) se evalúa al alumnado de manera individual para comprobar si los dos componentes de cada grupo han trabajado de manera activa durante la implementación de la PID. Este ejercicio consiste en realizar un bloque con el software a partir de la historia geológica dada a los alumnos.

Para poder obtener resultados se han evaluado los ejercicios en función de si están o no presentes o si lo están pero con errores, parecido a como se han evaluado los ejercicios anteriores.

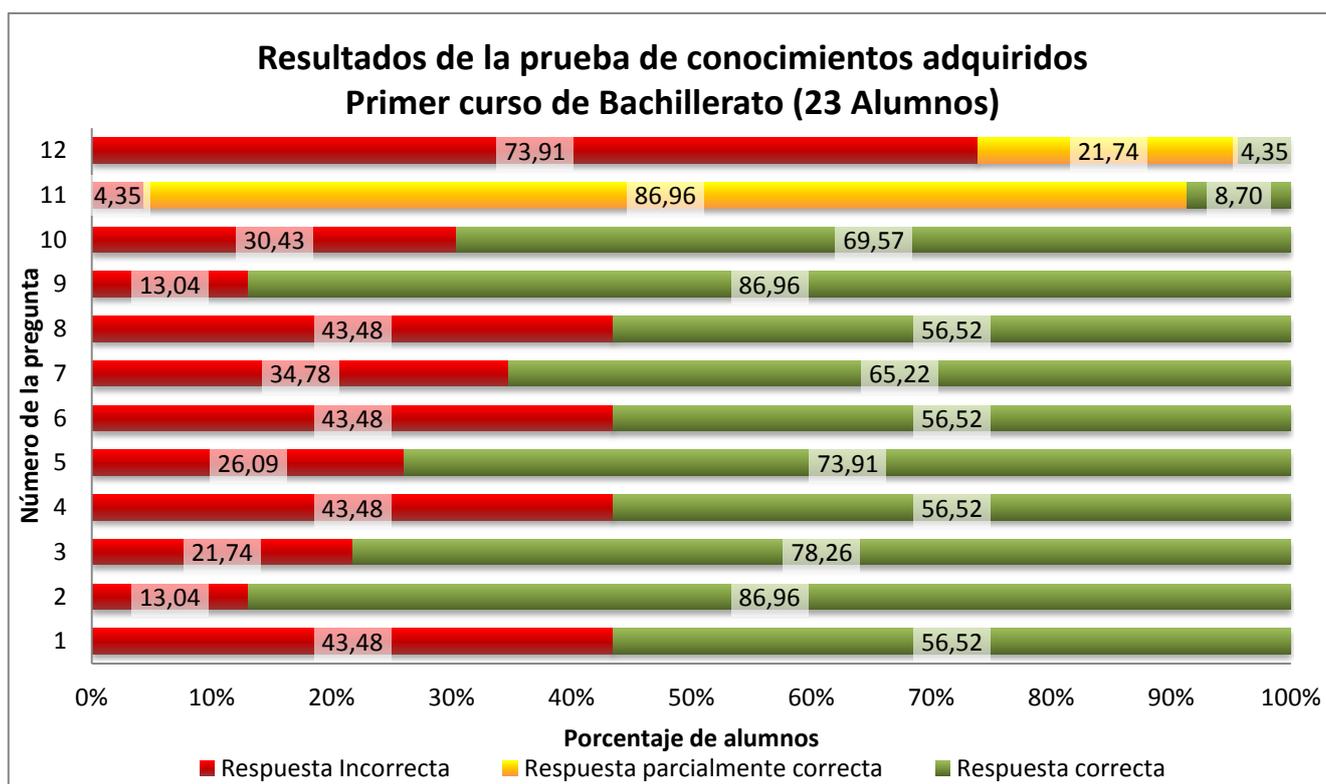
Los resultados son bastante altos para los elementos de número y orden de los estratos, plegamiento, y falla. Sin embargo, se puede observar que se obtienen peores resultados a la hora de realizar el relieve y el plegamiento de colina.

Estos resultados indican que la gran mayoría de los alumnos ha trabajado en grupo, o al menos ha atendido a lo que su compañero hacía, de lo contrario los resultados habrían sido más cercanos al 50% de respuestas incorrectas.

Por otra parte, cabe comentar que la función requerida para realizar el "plegamiento de colina" no se había trabajado anteriormente, a pesar de que esta aparece en el guion de prácticas de los alumnos bajo el epígrafe de "colinas y valles" y de que en el ejercicio la palabra valle está resaltada en negrita, por lo que se considera que los alumnos no investigaron el programa *Visible Geology* tanto como cabía esperar.

Por último, los malos resultados en el relieve son debidos a un fallo de los ordenadores usados que no permitían editar la topografía del corte, se desconoce el motivo de este error de carácter informático. Esto se tomó en consideración y se buscó la alternativa de usar una topografía de las disponibles en la aplicación, pero esto conllevaba repetir el ejercicio, cosa que no todos los alumnos realizaron, conformándose con un ejercicio completo pero no correcto, de ahí los resultados obtenidos.

## 2.6.7. Prueba de conocimientos adquiridos - (ANEXO IV)



**Gráfico 6 - Resultados de la prueba de conocimientos adquiridos**

La prueba de conocimientos adquiridos (Gráfico 6) pretende ser lo más parecida posible a la prueba inicial con el fin de poder comparar el estado de los alumnos antes y después de la aplicación de la PID.

Como ya se ha comentado, los diez primeros puntos corresponden a un test de verdadero o falso, por tanto las respuestas son de tipo binario, por lo que no hay cabida de respuestas parcialmente correctas. De esta primera sección podemos extraer que la media de respuestas incorrectas corresponde al 32.60% que se acerca mucho a la media correspondiente a la prueba inicial (30.43%). Estos datos han de interpretarse teniendo en cuenta, como ya se ha dicho, que no existen respuestas parcialmente correctas en la segunda prueba, por ello se considera que los valores correctos para poder comparar ambas pruebas son los errores cometidos y no los aciertos.

Las cuestiones 1 y 2 hacen referencia a los estratos y las series estratigráficas, preguntas que ya se encontraban en la primera prueba. En este caso se encuentra una mejoría de los resultados respecto a la prueba inicial. Esto probablemente sea debido al uso de terminología técnica durante el transcurso de la PID.

Las cuestiones 3 y 4 están relacionadas con los tipos de contactos que se han trabajado a lo largo de la PID, los resultados muestran una comprensión de estos contenidos teóricos, en parte por el habituamiento a estos a través de los ejercicios realizados así como de la sección de teoría del guion de prácticas.

La quinta cuestión hace referencia a procesos magmáticos en relación con la formación de estructuras denominadas diques, las cuales se han trabajado a lo largo de la PID. La mayoría de los alumnos (74%) es capaz de contestar correctamente esta cuestión.

La siguiente pregunta se relaciona con los pliegues y como se forman, contenido teórico que aparece en el guion de prácticas de los alumnos. Los resultados muestran que poco más de la mitad de la clase es capaz de conocer qué tipo de esfuerzos son los causantes de estas modificaciones del terreno.

Las preguntas siete y ocho se relacionan directamente con principios de estratigrafía que se han trabajado indirectamente a lo largo de la PID. En dichas preguntas se puede observar que la mitad de los alumnos (62% y 56%) comprende correctamente los principios estratigráficos de deposición horizontal de los estratos y de sucesión de eventos, dos de los pilares para comprender los Cortes Geológicos.

Para terminar con el bloque teórico las preguntas nueve y diez están enfocadas en conocimientos relativos a fallas. En la prueba inicial ningún alumno fue capaz de responder correctamente a la pregunta referente a las fallas y solo un 30.77% respondió de manera parcialmente correcta en contraposición al 70% (media entre ambas preguntas) de resultados correctos obtenidos en la última prueba, lo cual muestra una gran mejoría en la comprensión de estos procesos.

En cuanto al segundo bloque de pericia en visión espacial de cortes geológicos los datos obtenidos en ambos ejercicios muestran una gran mejoría. En el ejercicio en el que el alumnado ha de dibujar una de las caras el porcentaje de respuestas incorrectas ha bajado de un 47% a tan solo un 4.35% por tanto se podría estimar que la PID ha cumplido con el objetivo de mejorar la visión espacial. En el segundo caso donde tienen que dibujar las cuatro caras de un bloque los resultados de respuestas incorrectas han

sido de un 73.91% frente a un 92.31% obtenido en la prueba de conocimientos previos. Tras finalizar el examen se les explicó a los alumnos este último ejercicio y la mayoría de ellos hubiera sido capaz de realizarlo si comprendiera el significado de las marcas que indicaban el buzamiento de los estratos. Esta respuesta por parte de los alumnos resulta un tanto paradójica ya que esta función se les mostró en clase con la intención de que se familiarizaran con ella e incluso probaran en sus propios cortes, sin embargo, aseguran que no sabían su significado.

### 2.6.8. Encuesta de satisfacción - (ANEXO V)

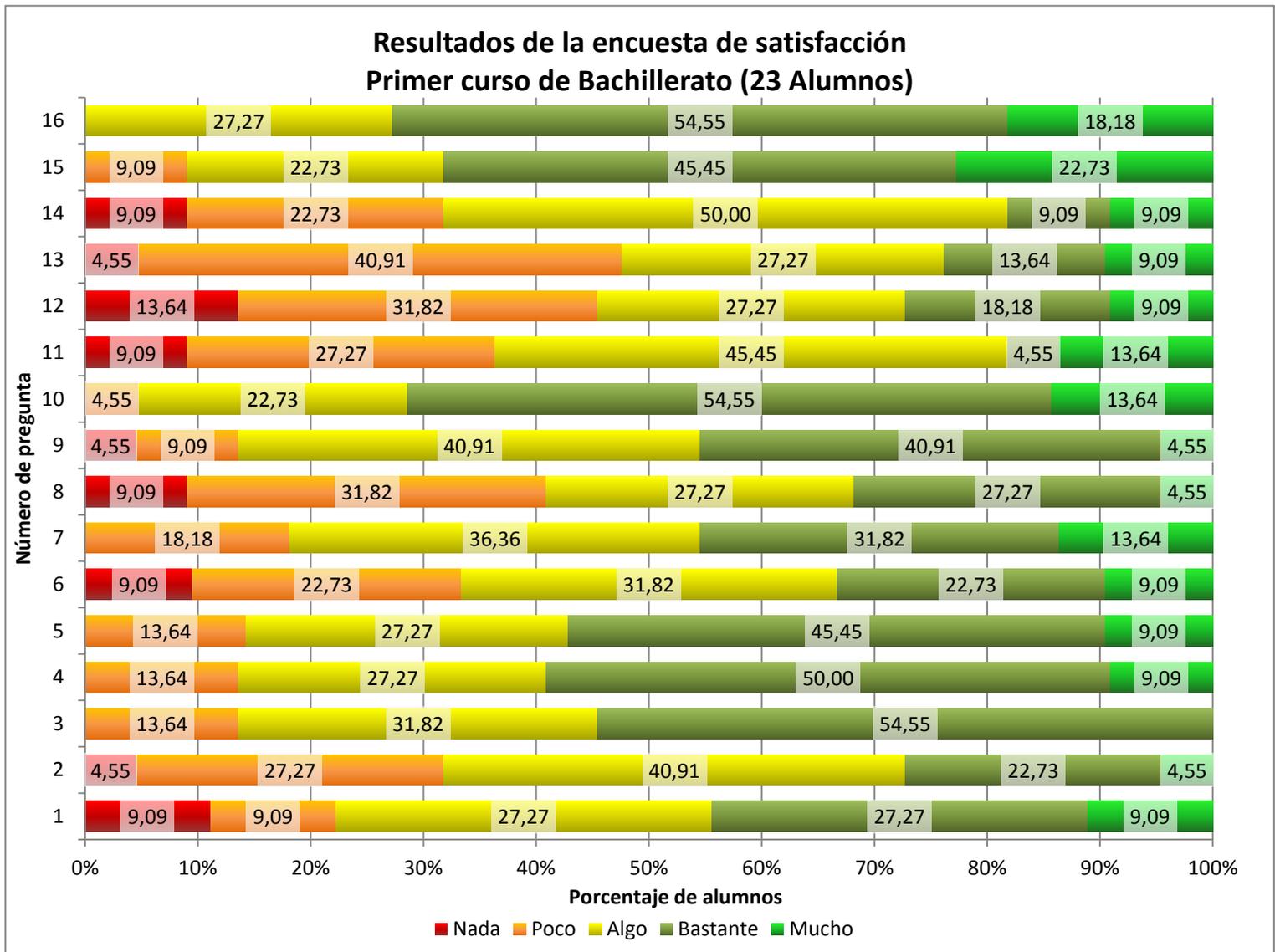


Gráfico 7 - Resultados de la encuesta de satisfacción

Esta encuesta fue entregada a los alumnos al terminar con la prueba de conocimientos adquiridos y es anónima para que los alumnos puedan expresarse con libertad. Como ya

se ha comentado, se subdivide en tres grupos de preguntas cuyos resultados se muestran en el Gráfico 7.

El primero de ellos se refiere al uso de la aplicación Visible Geology y comprende las cuestiones 1 a la 6. Los resultados obtenidos indican que el software ha sido de utilidad e interesante para la mayoría de los alumnos que han aumentado su interés y mejorado su comprensión de conceptos relacionados con la geología.

Sin embargo y en contraposición a estos buenos resultados en cuanto al interés de Visible Geology, algo más de la mitad de la clase ha descrito que no le gustaría o solo le gustaría algo, repetir esta actividad en futuros cursos, lo cual parece una contradicción: los alumnos aseguran que la PID en general ha sido interesante y han aprendido más pero no desean repetirla. Probablemente esto se explique por la necesidad por parte de los alumnos de realizar un esfuerzo extra para hacerse a la aplicación y a la necesidad de realizar ejercicios para la evaluación.

En cuanto a los conceptos aprendidos, segunda parte de la encuesta, parece que los alumnos han comprendido cómo funcionan los procesos geológicos y cómo realizar historias geológicas, lo cual es un buen resultado para argumentar que la implantación de la PID ha tenido bastante éxito.

La última parte relacionada con el nivel de dificultad se observa que más del 50% de los alumnos ha tenido alguna dificultad para entender el programa, los conceptos y desarrollar historias geológicas. Esto podría ser debido al poco tiempo de adecuación que tuvieron para hacerse al programa así como de la falta de un repaso de la base teórica previa a la implementación de la PID.

Por otra parte, alrededor del 70% de los alumnos considera que la PID consigue que asimilen los conceptos relacionados con cortes geológicos, mapas y columnas estratigráficas de manera más rápida, un dato muy positivo. Además aproximadamente el mismo porcentaje del alumnado considera que los contenidos tenían el nivel adecuado para el curso en el que se impartieron.

### **3. Conclusiones**

Tras la implementación de la PID así como durante esta y con los resultados se han extraído una serie de conclusiones.

#### **3.1. Conclusiones sobre la temporalización**

La propia experiencia del docente así como varios alumnos en la encuesta de satisfacción dejan ver que para la correcta implementación de esta PID, es necesario un período de tiempo mayor. La limitación de seis sesiones resulta agobiante tanto para el docente que ha de corregir todos los ejercicios de un día a otro como para los alumnos que han de trabajar bajo presión por el mismo motivo.

El caso ideal requeriría de unas primeras sesiones relacionadas con el repaso de los contenidos y conceptos teóricos necesarios para poder realizar cortes geológicos así como la realización de varios de estos en papel para que los alumnos se familiaricen con estas herramientas.

Tras estas sesiones de introducción se debería de realizar una especie de "cursillo" en el que los alumnos fueran probando las distintas funciones del programa en profundidad. Una manera de realizar esto sería mediante ejercicios propuestos más sencillos de elaboración rápida para cada una de las funciones. Por ejemplo, trabajar las fallas mediante varios ejercicios en los que se cambie por ejemplo en ángulo de incidencia de estas, o si son normales o inversas. De esta manera se conseguiría una familiarización y manejo más competente por parte de los alumnos con el programa, lo que les permitiría desarrollar sus conocimientos teóricos mediante este.

Finalmente y ya con una base teórica sobre cortes geológicos y otra de manejo del programa, se podría comenzar a realizar ejercicios propuestos. Disponiendo de tiempo se podrían realizar ejercicios de distinto tipo trabajando todos los conceptos necesarios y mejorando la visión espacial de los alumnos mediante el uso continuado del programa.

#### **3.2. Conclusiones sobre el diseño de la PID**

Dentro del diseño de la PID existen ciertos aspectos mejorables que se han ido descubriendo según se implementaba.

Muchas veces la intención del docente en un ejercicio dista de lo que el alumno entiende que le piden. Por ejemplo la segunda cuestión de la prueba de conocimientos previos (¿Cómo se llaman las "capas" numeradas y con dibujos distintos, que aparecen en ambas imágenes?) muchos alumnos de varios cursos respondieron con nombres concretos de estratos (calizas, margas, conglomerados...) cuando lo que se les pedía era el nombre genérico de estratos. Esto es un error de redacción por parte del docente que no supo hacer ver a los alumnos que lo que se les pedía era el nombre en general de las "capas" no de los estratos en concreto del corte que se les presentaba.

Por otra parte, las representaciones gráficas siempre han de ser de calidad y tienen que estar libres de posibles errores de comprensión. Así en la prueba de conocimientos previos, el estrato número 6 presenta unas ondulaciones en su trama dibujada que para alguien que ha trabajado cortes geológicos y tiene claros los conceptos no supone un problema. Sin embargo, en el curso de tercero de la ESO se ha encontrado que varios alumnos describen dicho estrato como agua, debido a las ondulaciones que presenta la trama de la capa. Esto puede parecer incongruente, ya que dicho estrato ocupa toda la parte baja del corte y el resto de estratos no podrían estar encima de una masa acuosa de tal tamaño, pero para un alumno de tercero de la ESO que no conoce los principios estratigráficos y que puede tener errores conceptuales es algo plausible.

Por ello se ha de cuidar cada detalle de las representaciones gráficas que se les entrega a los alumnos, siempre intentando evitar imágenes que puedan llevar a una equivocación.

### **3.3. Conclusiones de los conocimientos de los alumnos y errores conceptuales**

En relación al ejemplo del punto anterior en el que varios alumnos aseguraban que el estrato más antiguo correspondía a una masa de agua. Se han encontrado, además de este, varios errores conceptuales graves. Así varios alumnos de tercer curso de la ESO aseguran que la masa de agua anteriormente citada es el mar y lo que se encuentra encima se trata de los continentes. Podría tratarse de errores conceptuales que los alumnos han interiorizado o que el diseño del ejercicio no era el más indicado, sin embargo, no se dispone de datos suficientes como para concluir que fuera únicamente

por una de estas dos cuestiones o por otras distintas. Este error podría ser debido a la trama en forma de ondulaciones como se ha comentado, sin embargo, se ha de tener en cuenta el error conceptual de considerar que una masa de agua podría soportar kilómetros de estratos de distintas densidades encima de esta sin un apoyo firme. Para solventar esta mala interpretación, primeramente se debería de elegir una trama correcta como ya se ha comentado y por otra parte hacer razonar a los alumnos la incongruencia que esa afirmación implica, por ejemplo, mediante noticias o imágenes relacionadas con la erosión del agua subterránea que crea "agujeros" en las calles de ciudades, tal y como ocurrió en Japón en el año 2016 (Gizmodo, 2016).

Otros alumnos consideran que la falla presente en la prueba de conocimientos previos separa dos placas tectónicas distintas, lo que deja entrever que no son capaces de distinguir la escala a la que se presenta por lo general un corte geológico. Para evitar este tipo de respuestas, es importante explicar al alumnado el concepto de escala y siempre que sea posible introducirla en los Cortes Geológicos, de esta manera, serán capaces de tener una referencia del tamaño del corte.

Por último en esta sección relacionada con los errores conceptuales teóricos hay alumnos que identifican los estratos como si fueran partes internas de la Tierra, así los describen como corteza exterior, interior y manto, algo completamente erróneo. De nuevo se debe tener en cuenta que en este curso de 1º de Bachillerato se sientan las bases de lo que en cuarto de la ESO se desarrolla en cuanto a cortes geológicos y estratigrafía por lo que puede ser común la aparición de estos errores conceptuales que se deberán tener en cuenta para poder ser subsanados.

En cuanto a la visión espacial de los cortes geológicos, trabajada tanto en la prueba de conocimientos previos, adquiridos como en los ejercicios de la PID se encuentra que un gran número de alumnos no es capaz de completar bloques geológicos en tres dimensiones de manera intuitiva. Al inicio de este trabajo, se pensaba que estos problemas se localizarían en cursos más bajos y que la visión espacial iría mejorando según se aumentaba la edad debido a un desarrollo cognitivo superior. Sin embargo se ha encontrado que los grupos que mejor han demostrado estas habilidades han sido paradójicamente el curso más bajo estudiado y el más alto (tercero ESO y segundo Bachillerato respectivamente). No se disponen de datos suficientes para poder extraer

una conclusión real de esto, ya que son muchos los factores que pueden influir en esta visión espacial (la intuición personal del alumnado, cómo y qué se ha visto en referencia a los cortes geológicos, si se ha trabajado dibujo técnico o no...), sin embargo, sería interesante realizar esta misma propuesta a más grupos de este y otros centros para poder sacar conclusiones en este aspecto y determinar si realmente la edad, y por tanto la madurez cognitiva, es un factor condicionante a la hora de realizar bloques en tres dimensiones a partir de cortes geológicos en dos dimensiones.

Además aunque con la utilización de un modelo tridimensional digital se consiguen múltiples ventajas, como es la eliminación de parte de las restricciones que generan los modelos analógicos, el hecho de no ser tangible (por ser un soporte digital) podría ser considerado una dificultad para algunos alumnos. Esta inconveniente podría ser eliminado, por ejemplo, mediante la creación de un bloque impreso en papel en el que se vieran las caras presentes en el software usado.

### **3.4. Conclusiones sobre la acción docente personal**

Varias de las cuestiones que se podrían mejorar para lograr una mejor PID pasan por tener la experiencia suficiente como docente con el fin de entender mejor cómo funcionan los alumnos y cuál es la mejor manera de aplicar esta propuesta.

La creación de los materiales ha sido un trabajo duro coordinado tanto con la docente titular como con la tutora de la universidad en la que se han tenido que desarrollar materiales de diversa índole para los alumnos. En este campo la poca experiencia como docente es un punto negativo, ya que se necesitan de habilidades de coordinación personal y organizativas para lograr una eficiencia a la hora de crear y repartir dichos materiales a los alumnos y recoger sus ejercicios. A lo largo de la PID este aspecto fue mejorando, pero resultó una complicada tarea.

#### 4. Referencias bibliográficas

- Acevedo Díaz, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación Científica para la Ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(1), 3-16.
- Adúriz-Bravo, A., & Morales, L. (2002). El concepto de modelo en la enseñanza de la Física - Consideraciones epistemológicas, didácticas y retóricas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(1), 76-89.
- Aksit, O. (2018). Enhancing Science Learning through Computational Thinking and Modeling in Middle School Classrooms: A Mixed Methods Study.
- Albaladejo Marcet, C., Cabrera Calero, A. M., & Ferrer Monserrat, Á. (2003). *Biología y Geología*. Estella: Oxford University Press.
- Alonso Chaves, F., García Navarro, E., Camacho Cerro, M., & Cantano, M. (2013). El mapa geológico: modelos 2-D y 3-D en papel. Una propuesta para aprender a “pensar en 3-D”. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(1), 48-58.
- Ausubel, D., Hanesian, H., & Novak, J. (1976). Significado y aprendizaje significativo. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*, 53-106.
- Bartolomé, A. (2003). Nuevas tecnologías en el aula. Guía de supervivencia. *Docencia Universitaria*, 1(4), 105-106.
- Bruner, J. (1961). The act of discovery. *Harvard educational review*, 31, 21-32.
- Cabrera Calero, A. M., & Sanz Esteban, M. (2002). *Biología y Geología*. Estella: Oxford University Press.
- Calvo Aldea, D., Albarracín Fernández, C., & San Bernardo Vicente, J. (2008). *Biología y Geología*. Madrid: MC Graw Hill.
- Cuesta Segura, M. N. (2018). La Geología en E.S.O. y BACH a la luz de la LOMCE: Estudios preliminares para conocer y mejorar la enseñanza de la Geología impartida en el Distrito Universitario de Burgos. Burgos, Universidad de Burgos.
- Deus, H., Bolacha, E., Vasconcelos, C., & Fonseca, P. (2011). Analogue modelling to understand geological phenomena . *Proceedings of the GeoSciEd VI*.
- Fernández Lozano, J. (2008). *Modelación análoga de la evolución del relieve Cenozoico de la Península Ibérica: implicaciones en la dinámica cortical y litosférica*. Universidad Complutense de Madrid.

- Francoeur, E. (1 de Febrero de 1997). The Forgotten Tool: The Design and Use of Molecular Models. *Social Studies of Science*, 27(1), 7-40.
- Garibay, M. T., Angelone, S. M., Fraga, H., Polare, M., & Torres, P. (2014). Incorporación de las TICs en la asignatura "Geología y Geotecnia". *Proceedings of International Conference on Engineering and Computer Education*, 6.
- Gilbert, J. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 115-130.
- Gilbert, J., Boulter, C., & Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses? *International Journal of Science Education*, 87-97.
- Gilbert, S. (1991). Model building and a definition of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 73-79.
- Gizmodo. (11 de Noviembre de 2016). *El agujero gigante que Japón reparó en menos de una semana ha comenzado a hundirse de nuevo*. Obtenido de <https://es.gizmodo.com/el-agujero-gigante-que-japon-reparo-en-menos-de-una-sem-1789419259>
- Gonzalo Jiménez, A., Gascueña Martínez, A., & From Marín, F. J. (17 de Marzo de 1994). *Cortes Geológicas Construcción e Interpretación. COU - Selectividad*. España: Edinumen.
- Harrison, A., & Treagust, D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
- Liesa, C., Roman-Berdiél, T., & Arlegui, L. (1997). El uso de modelos experimentales en la enseñanza de Geología Estructural (II) Aplicación a la deformación discontinua. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(3), 226-234.
- López García, M., Merino Redondo, M., Alfonso Cervel, F., Martín Sánchez, S., Mora Peña, A., & Trinidad Núñez, A. M. (2015). *Biología y Geología*. San Fernando de Henares: Oxford University Press.
- Maria Castelhana, P., & Fialho Azinhaga, P. (2011). Lo que está bajo nuestros pies. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8, 500-505.
- Marqués Graells, P. (2012). Impacto de las TIC en la Educación: Funciones y Limitaciones. *Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 2(1).
- Meléndez Hevia, I., Madrid Rangel, M. Á., Blanco Kroeger, M., & Vidal-Abarca, E. (2017). *Biología y Geología*. Madrid: Santillana Educación.
- Meléndez Hevia, I., Madrid Rangel, M. Á., Blanco Kroeger, M., & Vidal-Abarca, E. (2017). *Biología y Geología*. Madrid: Santillana Educación.

- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Gobierno de España. (2015). Recuperado el 6 de Junio de 2018, de El currículo, Currículo en Primaria, ESO y Bachillerato, Competencias clave: <https://www.mecd.gob.es/educacion/mc/lomce/el-curriculo/curriculo-primaria-eso-bachillerato/competencias-clave/ciencias.html>
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. (21 de Enero de 2015). España: Boletín Oficial del Estado (BOE).
- ORDEN EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. (4 de Mayo de 2015). Castilla y León: Consejería de Educación.
- ORDEN EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. (4 de Mayo de 2015). 32051-32480. Boletín Oficial de Castilla y León (BOCYL).
- ORDEN EDU/363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León. (4 de Mayo de 2015). Castilla y León: Consejería de Educación.
- ORDEN EDU/363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León. (4 de Mayo de 2015). 32481-32984. Boletín Oficial de Castilla y León (BOCYL).
- Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente. (18 de Diciembre de 2006).
- Rei Vilas, M., Blázquez Martín, S., Sierra Domínguez, S., Ramos García, M. Á., & Ortigosa Alcón, A. (2017). *Biología y Geología*. Madrid: MC Graw Hill.
- Seok Oh, P. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
- Strike, K., & Posner, G. (1982). Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*, 4(3), 231-240.

- Strike, K., Posner, G., Hewson, P., & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227.
- Tomasi, J. (1988). Models and modeling in theoretical chemistry. *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, 179(1), 273-292.
- Vilanova y Piera, J. (1876). La creacion: historia natural, escrita por una sociedad de naturalistas, Libro 8. Barcelona: Montaner y Simon editores.
- White, B. (1993). ThinkerTools: Causal Models, Conceptual Change, and Science Education. *Cognition and instruction*, 10(1), 1-100.
- Zarza, O. (2009). Aprendizaje por descubrimiento. *Revista digital: Innovación y experiencias educativas*, 18, 1-11.

## 5. Anexos

Los anexos I al V son los referentes a esta PID, el anexo VI es el examen académico realizado por la docente titular de la asignatura.

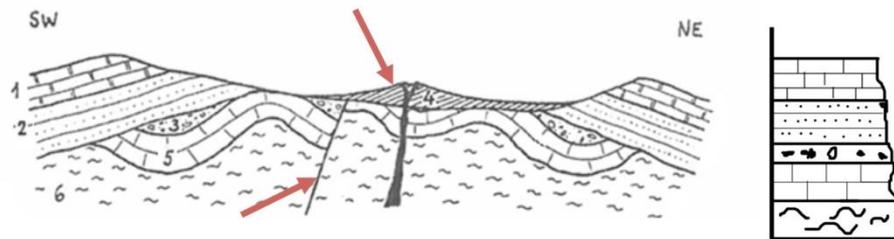
### 5.1. Anexo I - Prueba de conocimientos previos

Nombre y apellidos:

Fecha:

Curso:

0.- ¿Cuándo fue el último curso en el que viste geología? ¿Y cortes geológicos?



1.- ¿Qué se está representando en la imagen de la izquierda? ¿Y en la de la Derecha?

2.- ¿Cómo se llaman las "capas" numeradas y con dibujos distintos, que aparecen en ambas imágenes?

3.- ¿Cuántas "capas" distintas reconoces en la imagen? ¿Podrías asociarlas en grupos o series y explicar por qué las agrupas?

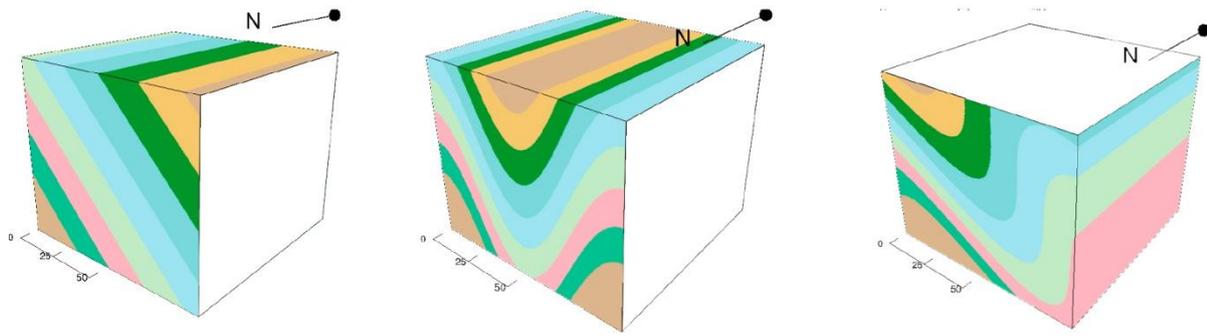
4.- ¿En qué orden se han ido depositando las "capas" a lo largo del tiempo?

5.- ¿Qué representa la línea fina que está marcada con una flecha en la parte baja de la imagen?

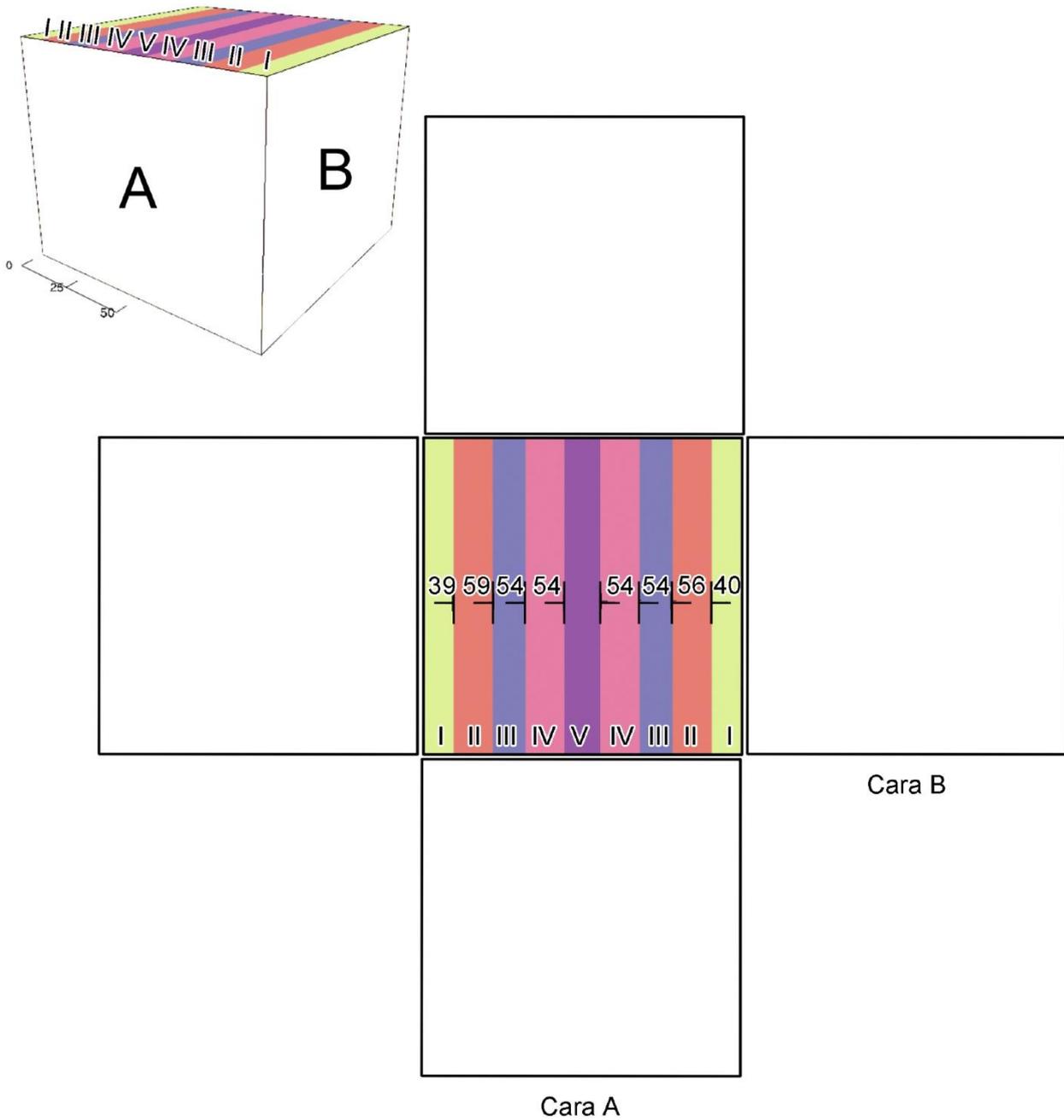
6.- ¿Qué representa la estructura número 4 que está señalada por la flecha superior? ¿Identificas algo más asociado a esa estructura?

7.- ¿Podrías realizar una historia geológica, explicando qué ha pasado en la imagen a lo largo del tiempo, poniendo en orden cronológico los acontecimientos que sepas diferenciar?

8.- ¿Podrías dibujar cómo serían las capas que se ven a lo largo las caras en blanco de los bloques?



9.- ¿Y si a ahora te doy la cara superior de un bloque y el ángulo de inclinación (buzamiento) de las “capas”, podrías dibujar las caras complementarias?



**Guión de prácticas:**

**Realización de cortes geológicos por medio de la aplicación virtual *Visible Geology*.**



# Índice

1.	Como abrir la aplicación.....	1
2.	Fundamentos de la aplicación.....	1
2.1.	Menú superior.....	1
2.2.	Menú lateral derecho.....	2
2.2.1.	Apartado de Geología .....	2
2.2.1.1.	Historia geológica (Geologic History).....	2
2.2.1.2.	Estratos (Geologic Beds) .....	2
2.2.1.3.	Basculamiento (Tilting).....	3
2.2.1.4.	Pliegues (Folds) .....	3
2.2.1.5.	Colinas y valles (Domes & basins) .....	3
2.2.1.6.	Inconformidad simple (Simple Unconformity).....	4
2.2.1.7.	Diques (Dikes).....	4
2.2.1.8.	Fallas (Fault) .....	4
2.2.1.9.	Fallas de cabalgamiento (Blind thrust fault) .....	5
2.2.1.10.	Pliegue por curva de falla (Fault bend fold).....	5
2.2.2.	Apartado de Topografía .....	5
2.2.3.	Apartado de Explorar .....	6
3.	Conceptos de cortes geológicos.....	7
3.1.	Principios de la estratigrafía.....	7
3.2.	Contactos entre series y estratos.....	7
3.3.	Pliegues .....	8
3.4.	Fallas.....	8
4.	Ejercicios.....	9

## 1. Como abrir la aplicación

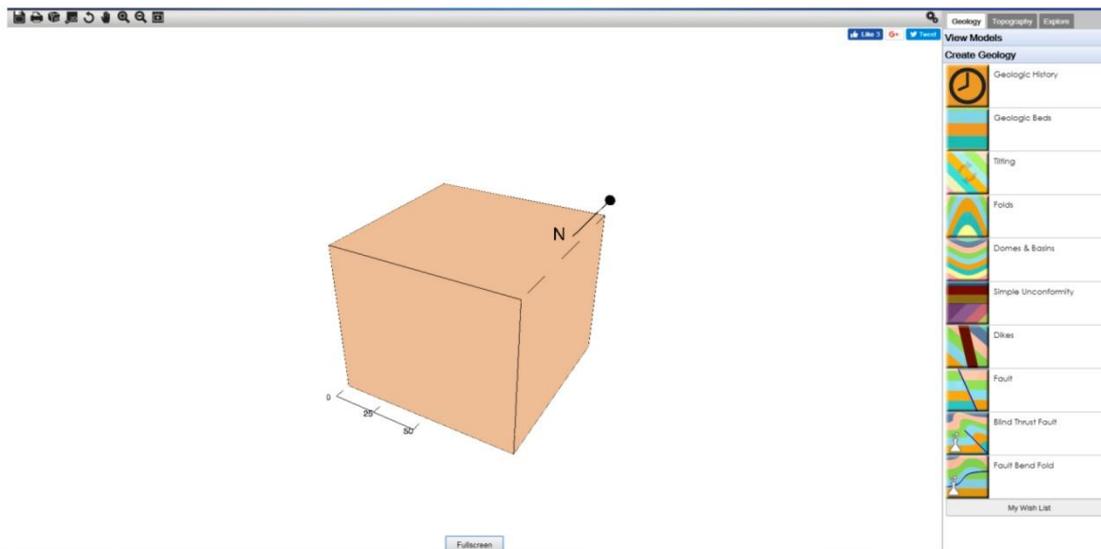
La página web para poder acceder a la aplicación es la siguiente:

<http://visible-geology.appspot.com/>

Para comenzar a realizar un bloque en 3D deberemos pulsar el botón "Visualize", que nos llevará a la página de trabajo.

Una vez en esta página podremos pulsar en "Fullscreen" para poder trabajar de una manera más cómoda, ya que la aplicación ocupará toda la pantalla.

Delante deberíamos de tener la siguiente imagen:



## 2. Fundamentos de la aplicación

En el centro tenemos el bloque con el que vamos a trabajar, podemos girarlo haciendo click y arrastrando o si pulsamos la barra espaciadora podremos mover el modelo por la pantalla. También podremos hacer zoom si usamos la ruleta del ratón.

### 2.1. Menú superior



La función de los botones es la siguiente

Botón de guardado → Permite guardar online el modelo que se haya desarrollado. Para ello pide una serie de datos necesarios, que son el nombre del modelo, el autor y las palabras clave. El último campo puede quedar vacío.

Al guardarse, indica un **código (Model ID) que es indispensable para visualizar el modelo más adelante.**

Botón de imprimir → Imprime la página que se está viendo. No es una función que se vaya a usar.

Reseteado de vista 3D → Devuelve a la vista original del modelo.

Reseteado a vista de mapa → Coloca la vista como si de un mapa se tratase. Equivaldría a la imagen que obtendría un satélite observando el bloque.

Herramienta de rotar → Permite rotar sobre su mismo eje el modelo para poder ver todas sus caras.

Herramienta de mover → Mueve el bloque por la pantalla. (Como se ha comentado antes se puede alternar entre estas dos herramientas mediante la barra espaciadora).

Botones de zoom → Permiten acercar o alejar el modelo.

Botón de video → Muestra un pequeño tutorial en un pantalla que aparece.

## 2.2. Menú lateral derecho



Este menú se subdivide en tres, “Geología”, “Topografía” y “Explorar”.

### 2.2.1. Apartado de Geología

En este existen distintas herramientas que se van a usar a lo largo de las prácticas y cuya función se explica a continuación.

#### 2.2.1.1. Historia geológica (Geologic History)

Muestra los distintos cambios que se han ido haciendo al bloque original de manera ordenada.

#### 2.2.1.2. Estratos (Geologic Beds)

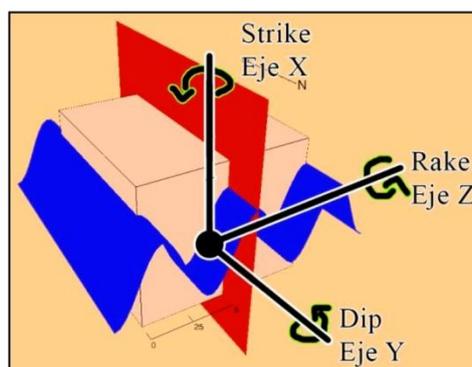
Permite añadir estratos.

- Añadir un estrato → Añade un estrato nuevo que viene con una coloración y nombre aleatorios. Se deberá modificar mediante el icono del lápiz, donde se podrá indicar el nombre, color y potencia.
- Seleccionar todos.
- No seleccionar ninguno.
- Refrescar.



- Configuración → Esta opción permite definir cuál es la profundidad de partida de los estratos así como el color de dicho estrato inicial.

Para poder entender los siguientes apartados se incluye una imagen de elaboración propia para poder comprender el uso que el programa hace de los ejes a la hora de introducir alteraciones:



### 2.2.1.3. Basculamiento (Tilting)

Hace bascular las capas que actualmente estén representadas.

- *Strike* → Representa la dirección desde la que va a ocurrir el basculamiento, se introduce mediante valores del 0 a 360 grados relativos al eje X.
- *Buzamiento (Dip)* → Indica el ángulo que va a tener dicho basculamiento. Los valores van de 0 a 90 grados con respecto al eje Y.
- Botón para añadir el evento con las características definidas anteriormente.
- Botón para eliminar el último evento de basculamiento realizado.

### 2.2.1.4. Pliegues (Folds)

Permite plegar las capas que conformen el bloque sobre el que se está trabajando.

- *Strike* → Representa la dirección desde la que va a ocurrir el basculamiento, se introduce mediante valores del 0 a 360 grados relativos al eje X.
- *Buzamiento (Dip)* → Indica el ángulo del plano de pliegue que va a tener dicho basculamiento. Los valores van de 0 a 90 grados con respecto al eje Y.
- *Rake* → Indica el ángulo de incidencia del pliegue respecto al eje Z, los valores varían de 0 a 180.
- Más opciones:
  - *Periodo* → Cantidad de pliegues que se dan en el bloque que se trabaja. El intervalo varía de 0 a 100, siendo 0 mayor número de pliegues en el mismo espacio y 0 menor.
  - *Amplitud* → "Altura" de las antiformal y sinformas que van a formar los pliegues. Varía de 0 a 50.
  - *Forma* → Consta de 5 posiciones posibles. En las más bajas las curvas son más cuadradas, en las centrales más circulares y en las últimas más angulosas.
  - *offset* → Determina en que punto de la "onda" comienza el pliegue.
- Botón para añadir el evento con las características definidas anteriormente.
- Botón para eliminar el último evento de pliegue realizado.

### 2.2.1.5. Colinas y valles (Domes & basins)

Permite crear elevaciones o depresiones de todas las capas. Esta herramienta es difícil de usar ya que no veremos los resultados hasta que la realicemos, por lo que se deberá de realizar mediante prueba y error hasta lograr la modificación buscada.

- *Dome/Basin* → Nos permite seleccionar si queremos una colina o un valle.
- *Radio* → Mediante esta opción se selecciona el radio de acción de la colina o valle. Se ha de tener en cuenta que el radio puede exceder los límites del bloque que se está trabajando, por lo que habrá que usar cierta visión espacial.
- Más opciones:

- Offset → Selecciona hasta que altura debería de afectar la acción. Varía de 0 a 50, siendo 50 el valor más agresivo.
- Posición → Permite seleccionar la posición de origen dentro del bloque, puede situarse en cualquier eje o cara. Los valores pueden ser introducidos manualmente o mediante el botón "pick" en el bloque directamente.
- Botón para añadir el evento con las características definidas anteriormente.
- Botón para eliminar el último evento realizado.

#### 2.2.1.6. Inconformidad simple (Simple Unconformity)

Permite añadir una inconformidad al bloque. Es otra herramienta compleja de usar, ya que aunque añade una inconformidad con unas características que define el usuario, añade por encima estratos de manera automática, los cuales no se pueden editar, lo cual supone ciertas limitaciones.

- Profundidad (Depth) → Indica a que profundidad o altura relativa se desea introducir la inconformidad.
- Potencia del estrato → Modifica la potencia o grosor del estrato que formará la inconformidad.
- Botón para añadir el evento con las características definidas anteriormente.
- Botón para eliminar el último evento realizado.

#### 2.2.1.7. Diques (Dikes)

Añade diques al bloque que se está trabajando.

- *Strike* → Representa la dirección desde la que va a ocurrir el basculamiento, se introduce mediante valores del 0 a 360 grados relativos al eje X.
- *Buzamiento (Dip)* → Indica el ángulo del plano de pliegue que va a tener dicho basculamiento. Los valores van de 0 a 90 grados con respecto al eje Y.
- Más opciones:
  - Potencia del dique → Indica el grosor del dique.
  - Posición → Permite seleccionar la posición de origen en el bloque. Para ello habrá que arrastrar la bola de color verde que se muestra en el plano de intersección del propio dique.

#### 2.2.1.8. Fallas (Fault)

Añade fallas con las características que se deseen.

- *Strike* → Representa la dirección desde la que va a ocurrir el basculamiento, se introduce mediante valores del 0 a 360 grados relativos al eje X.
- *Buzamiento (Dip)* → Indica el ángulo del plano de pliegue que va a tener dicho basculamiento. Los valores van de 0 a 90 grados con respecto al eje Y.
- Más opciones:

- Rake → En este caso, nos permite realizar fallas normales o inversas. Los valores varían de 0 a 360. De 0 a 180 tendremos fallas normales, siendo el mayor efecto en 90 grados. De 180 a 360 tendremos fallas inversas, siendo el mayor efecto en 270 grados.
- Slip → Representa el movimiento relativo en la vertical de las capas, es decir, cuanto se desplazan las capas respecto a su posición inicial.
- Posición → Permite seleccionar la posición de origen en el bloque. Para ello habrá que arrastrar la bola de color verde que se muestra en el plano de intersección del propio dique.

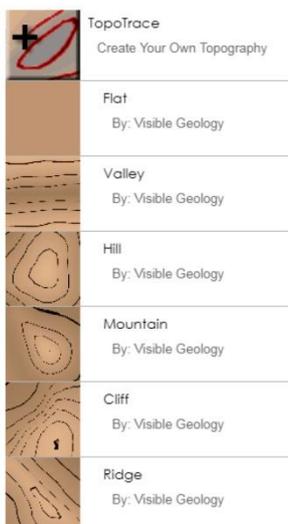
### 2.2.1.9. Fallas de cabalgamiento (Blind thrust fault)

Esta opción resulta de carácter avanzado y no será usada.

### 2.2.1.10. Pliegue por curva de falla (Fault bend fold)

Esta opción resulta de carácter avanzado y no será usada.

### 2.2.2. Apartado de Topografía

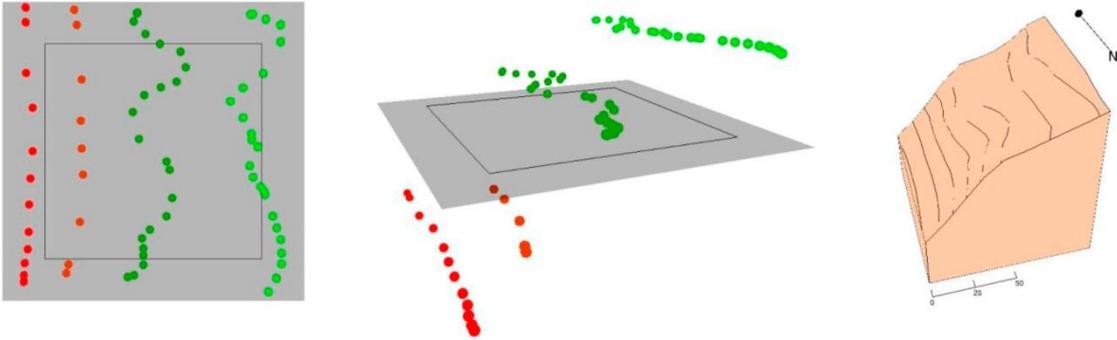


En este apartado se podrá tratar elementos del terreno. Para ello se dispone de 6 topografías por defecto entre las que elegir.

- Plano (Flat) → Es la cargada por defecto, consiste en un bloque cuadrado.
- Valle (Valley) → Presenta las características típicas de un valle fluvial.
- Colina (Hill) → Representa una colina de pendiente baja.
- Montaña (Mountain) → Se trata de la representación sencilla de una montaña con mayor pendiente que la colina.
- Precipicio (Cliff) → Se trata de un acantilado o zona de gran pendiente.
- Cresta (Ridge) → Presenta una estructura similar a una cadena montañosa con laderas a ambos lados.

Además de las opciones predeterminadas, mediante la primera opción "TopoTrace", se podrá diseñar topografía al gusto del usuario mediante herramientas sencillas. Para ello se presenta una estructura plana en dos dimensiones. En ella se podrán introducir valores de altura mediante la opción "Current Contour Value" que determina la altura relativa de la curva de nivel que se introducirá manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón y dibujando sobre el mapa.

Para crear la topografía una vez introducidos los datos solo se deberá pulsar el botón interpolar.



### 2.2.3. Apartado de Explorar

Esta sección permite, como el nombre indica, explorar características del modelo que se ha desarrollado y consta de las siguientes opciones:

- Historia geológica (Geologic History) → Al igual que en el apartado de geología, permite ver los cambios hechos al modelo de manera cronológica.
- Sección transversal o corte geológico (Cross-Section) → Permite mediante el seleccionado de dos puntos en el bloque, realizar un corte geológico para poder analizarlo.
- Testigo (Drill) → Realiza un testigo (perforación) atravesando todas las capas para poder analizarlas.
- Mediciones (Measure) → Tal como su nombre indica, permite realizar mediciones de distancias.
- Etiquetas de buzamiento (Strike Decals) → Permite añadir etiquetas pulsando sobre el modelo para identificar el ángulo de buzamiento allá donde se desee.

### 3. Conceptos de cortes geológicos

A modo de repaso se presentan los principales contenidos teóricos que se trabajan en los cortes geológicos y que han de tenerse a mano siempre que se realice uno.

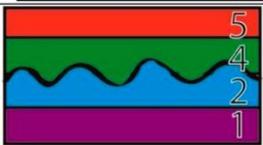
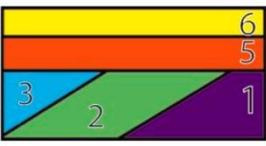
#### 3.1. Principios de la estratigrafía

- Principio del uniformismo o actualismo: Las leyes que rigen los procesos geológicos han sido las mismas y producen los mismos efectos durante toda la historia de la Tierra.
- Principio de la sucesión de eventos: Todo acontecimiento que afecte a las rocas es posterior a las mismas. Así una falla o un dique es posterior a la roca.
- Principio de la superposición de estratos: los niveles superiores serán más recientes que los inferiores.
- Principio de la horizontalidad original: Los estratos se depositan siempre de forma horizontal y permanecen horizontales si no actúa ninguna fuerza sobre ellos.
- Principio de la continuidad lateral: un estrato tiene la misma edad a lo largo de toda su extensión horizontal.
- Principio de sucesión faunística: Los estratos que se depositaron en diferentes épocas geológicas contienen distintos fósiles, debido a la naturaleza continua e irreversible de la evolución biológica. De igual manera las capas que contienen fósiles pertenecientes a los mismos taxones, aunque sean de diferente litología, serán de la misma edad.

#### 3.2. Contactos entre series y estratos

No todos los contactos ni formas de yacer se encuentran en este apartado. Sólo se presentan los más comunes y los que son de utilidad para la realización de los ejercicios propuestos.

Aclarar que solo las rocas sedimentarias, tal y como su nombre indica, sedimentan formando estratos.

Contactos concordantes	Continuidad		Estratos paralelos y continuos en el tiempo.
		Discontinuidad	Paraconformidad
Disconformidad			Estratos paralelos. En algún periodo uno de los estratos intermedios ha sido erosionado. Posterior a esa erosión se han sedimentado nuevos estratos.
Contactos discordantes	Discordancia Angular		

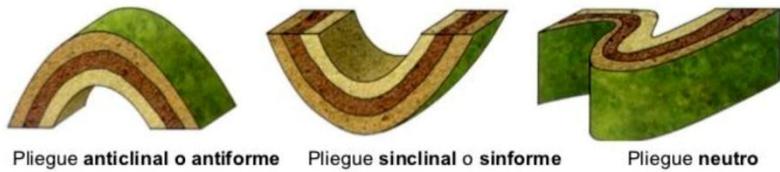
Contactos intrusivos	<h1>Batolito</h1> 	<p>La intrusión implica que un material magmático ha emergido a la superficie terrestre y posteriormente se ha solidificado.</p> <p>Debido a las condiciones de presión y temperatura generadas, las rocas adyacentes se ven modificadas en lo que se llama una aureola de metamorfismo.</p>
----------------------	---	--

### 3.3. Pliegues

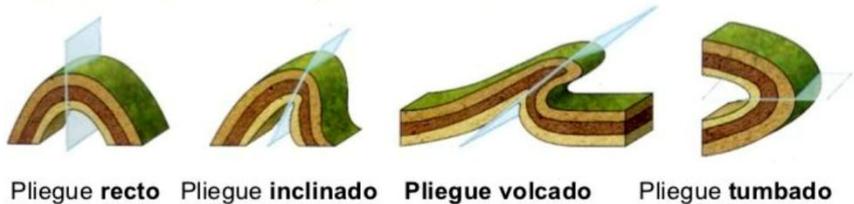
Los pliegues siempre se forman por esfuerzos compresivos y consisten en una deformación plástica de los materiales. Esto implica que dichos materiales no van a romperse, si no que se van a comportar como si de un fluido muy denso se tratara.

## Tipos de pliegues

Según el sentido de la curvatura:



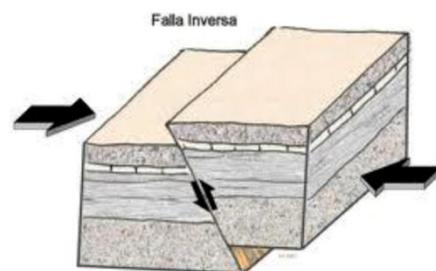
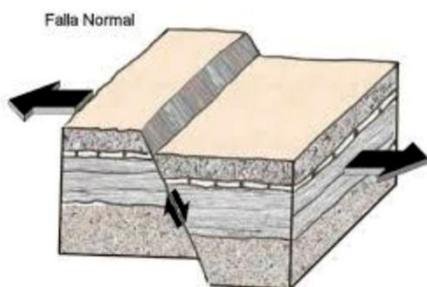
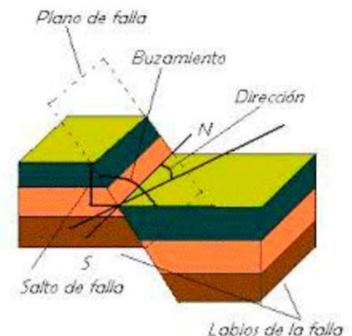
Según la inclinación del plano axial:



### 3.4. Fallas

Las fallas implican una rotura en los materiales que puede ser de dos tipos dependiendo de si se fracturan por esfuerzos distensivos o compresivos.

- Las fallas normales o directas, se forman por esfuerzos de tipo distensivo y se caracterizan por que el labio hundido se encuentra por encima de la línea de falla.
- Las fallas inversas o indirectas, se forman por esfuerzos compresivos y se caracterizan por que el labio hundido se encuentra por debajo de la línea de falla.

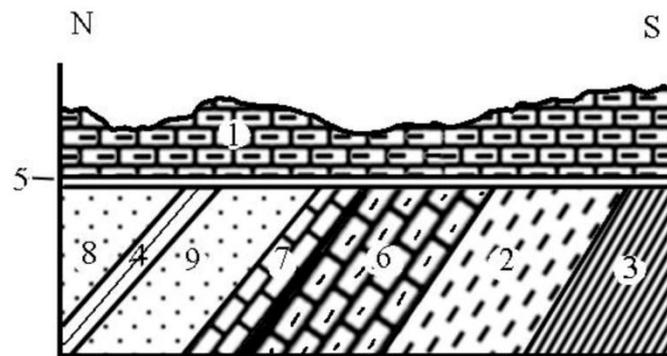


#### 4. Ejercicios

De los siguientes cortes geológicos deberéis:

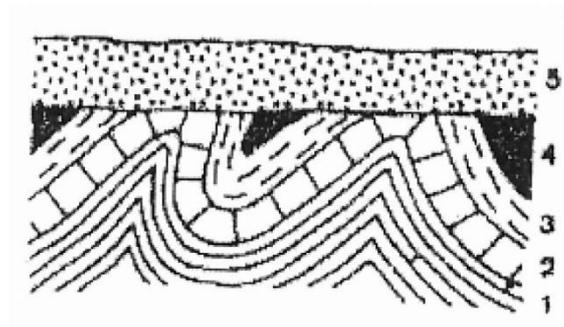
- Ordenar los estratos por secuencias, indicando cuales de esos estratos pertenecen a que secuencia estratigráfica.
- Identificar procesos geológicos (basculamiento, plegamiento, fractura, erosión...) y ordenarlos en el tiempo.
- Realizar la historia geológica del corte con los datos anteriores, indicando qué paso y el orden en el que pasó.
- Plasmar dicha historia geológica en el programa Visible Geology.

##### Ejercicio 1



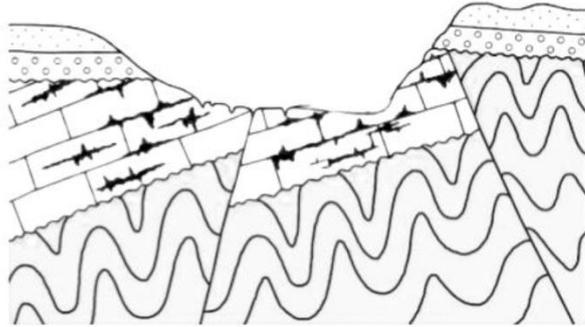
- ¿Cuántas series estratigráficas hay en este corte? ¿Qué estratos son parte de estas series?
- ¿Qué tipos de contactos hay entre las diferentes series?
- ¿Existe algún proceso o estructura relacionado con rocas ígneas?
- ¿Qué procesos tectónicos se pueden apreciar en el corte?
- Con los datos anteriores, describe la historia geológica.

## Ejercicio 2



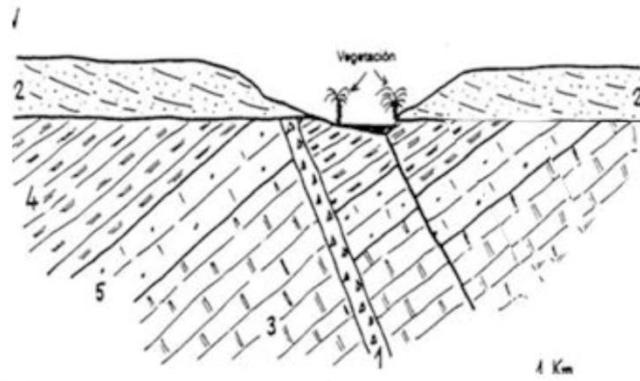
- ¿Cuántas series estratigráficas hay en este corte? ¿Qué estratos son parte de estas series?
- ¿Qué tipos de contactos hay entre las diferentes series?
- ¿Existe algún proceso o estructura relacionado con rocas ígneas?
- ¿Qué procesos tectónicos se pueden apreciar en el corte?
- Con los datos anteriores, describe la historia geológica.

### Ejercicio 3



- ¿Cuántas series estratigráficas hay en este corte? ¿Qué estratos son parte de estas series?
- ¿Qué tipos de contactos hay entre las diferentes series?
- ¿Existe algún proceso o estructura relacionado con rocas ígneas?
- ¿Qué procesos tectónicos se pueden apreciar en el corte?
- Con los datos anteriores, describe la historia geológica.

#### Ejercicio 4



- ¿Cuántas series estratigráficas hay en este corte? ¿Qué estratos son parte de estas series?
- ¿Qué tipos de contactos hay entre las diferentes series?
- ¿Existe algún proceso o estructura relacionado con rocas ígneas?
- ¿Qué procesos tectónicos se pueden apreciar en el corte?
- Con los datos anteriores, describe la historia geológica.

### **Ejercicio 5**

Dibuja mediante el programa el corte geológico que corresponde a la siguiente historia geológica:

- ¿Cuántas series estratigráficas hay en este corte? **Dos, la primera de tres estratos y la segunda de cuatro.**
- ¿Qué tipos de contactos hay entre las diferentes series? **Discordancia angular.**
- ¿Existe algún proceso o estructura relacionado con rocas ígneas? **No.**
- ¿Qué procesos tectónicos se pueden apreciar en el corte? **Plegamiento, falla normal.**
- Con los datos anteriores, describe la historia geológica:

Se depositan tres estratos en una primera serie estratigráfica. Posteriormente, los materiales, de carácter plástico, se ven afectados por esfuerzos compresivos por lo que se forman un pliegue.

Posterior a este proceso, se produce una falla normal en la zona oeste del corte formando un ángulo de 45° aproximadamente.

Tras estos procesos, se sedimenta la segunda serie de cuatro estratos formando un contacto de discordancia angular.

## **Ejercicio 6**

Dibuja mediante el programa el corte geológico que corresponde a la siguiente historia geológica:

- ¿Cuántas series estratigráficas hay en este corte? **Dos, la primera formada por tres estratos y la segunda por dos.**
- ¿Qué tipos de contactos hay entre las diferentes series? **Discordancia angular**
- ¿Existe algún proceso o estructura relacionado con rocas ígneas? **Si, una intrusión magmática formando un dique.**
- ¿Qué procesos tectónicos se pueden apreciar en el corte? **Deformación plástica por esfuerzos compresivos, y rotura de materiales por esfuerzos compresivos.**
- Con los datos anteriores, describe la historia geológica:

Se depositan tres estratos formando una primera serie. Estos sufren una deformación plástica por esfuerzos compresivos. Tras esto, ocurre una rotura de los materiales por esfuerzos compresivos en la zona central del corte con una inclinación de unos 45°.

Posteriormente se deposita la segunda serie formada por dos estratos de potencia menor a los de la serie anterior. Estos se ven erosionados de manera característica por un posible valle fluvial en la zona central, justo encima de la falla anteriormente producida.

Finalmente ocurre una intrusión magmática casi vertical en la zona más al este del corte que forma un dique que afecta a todos los estratos.

### 5.3. Anexo III - Ejercicio Individual de evaluación

#### Ejercicio individual de evaluación

Nombre y Apellidos:

Nota:

Fecha:

La primera serie está formada por la deposición de los tres primeros estratos de gran potencia que se sedimentaron de manera paralela y continua en el tiempo. Posteriormente ocurre un plegamiento por esfuerzos compresivos que afecta a esta serie. En este momento podría producirse la falla de esfuerzos distensivos que buza 70° hacia el oeste (va de oeste a este si lo seguimos de abajo a arriba) y su parte más superficial se sitúa aproximadamente en el centro del corte geológico. Los materiales se erosionan dejando al descubierto el segundo estrato y pequeñas partes del tercero.

Por encima de estos materiales se deposita la segunda serie formando una inconformidad de discordancia angular formada por los estratos 5 y 6. Tras esto un gran plegamiento afecta a todos los materiales en toda su extensión dejando un relieve de **colina** anticlinal. Dicho relieve se erosiona dejando un valle extenso en el centro del corte que afecta a los dos últimos materiales y las zonas más superficiales de la primera serie.

*(Nota: para que el corte salga bien, se recomienda hacer primero la topografía. Con el fin de que no quede "achatado" el valor más alto de altura será siempre 50 y al terminar de hacer la topografía deseada, se añadirá un punto con valor -50 en una zona donde no altere la topografía. De esta manera dispondremos de un bloque grande sobre el que trabajar.)*

## 5.4. Anexo IV - Prueba de conocimientos adquiridos

Nota:

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre y Apellidos: \_\_\_\_\_

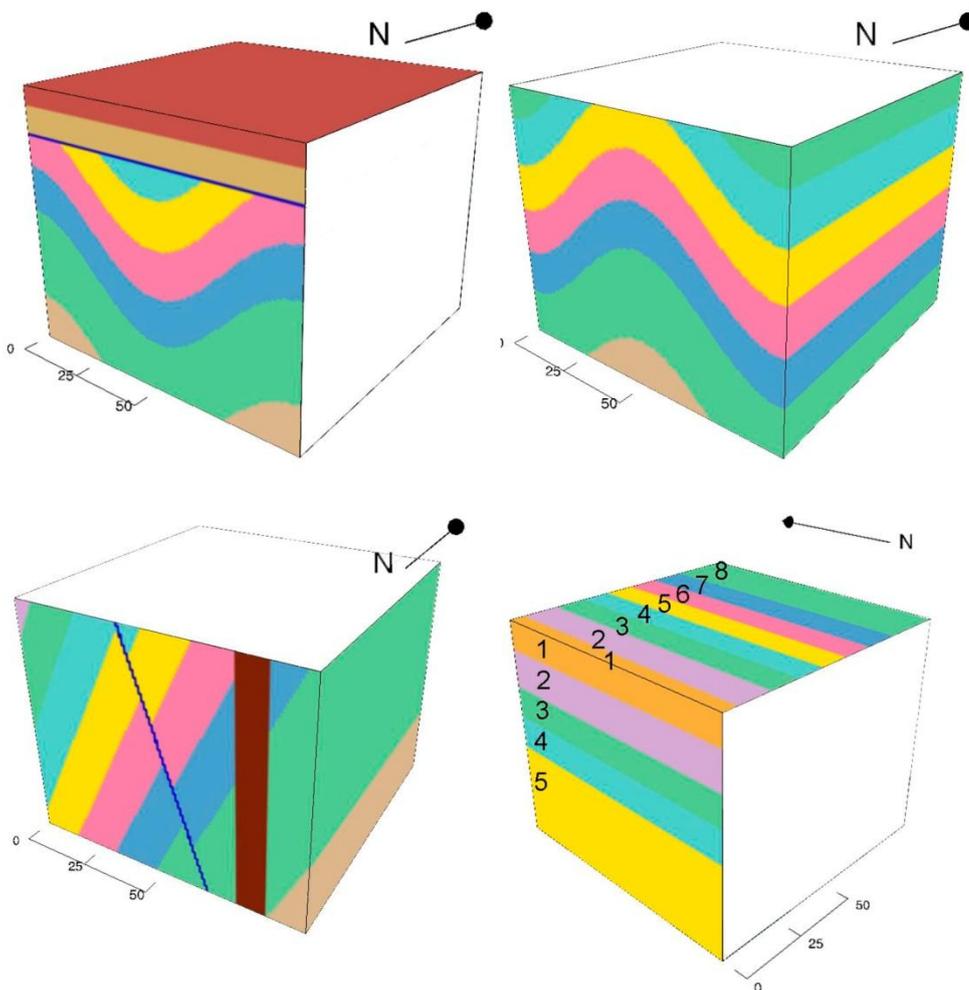
a) Señala si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F):

(2ptos: 0'2 cada respuesta correcta)

1. Las "capas" que forman los cortes geológicos se llaman sustrato \_\_\_\_
2. Las series estratigráficas son conjuntos de materiales con una continuidad en el tiempo y separadas de otras series por sufrir procesos que las diferencian de otras series \_\_\_\_
3. En los contactos discordantes angulares los estratos son paralelos y continuos en el tiempo \_\_\_\_
4. La existencia de discordancias angulares, siempre implica que ha ocurrido un proceso de basculamiento \_\_\_\_
5. Los diques son un tipo de intrusión magmática y siempre van asociados a la formación de un volcán \_\_\_\_
6. Los pliegues se pueden formar por esfuerzos compresivos o distensivos \_\_\_\_
7. Los estratos siempre se depositan de manera horizontal \_\_\_\_
8. Todo acontecimiento o proceso que afecte a las rocas es posterior a estas \_\_\_\_
9. Existen tres tipos de falla: directas, neutras e indirectas \_\_\_\_
10. Las fallas originadas por esfuerzos distensivos se caracterizan por que el labio hundido se encuentra por encima de la falla y se denominan normales o directas \_\_\_\_

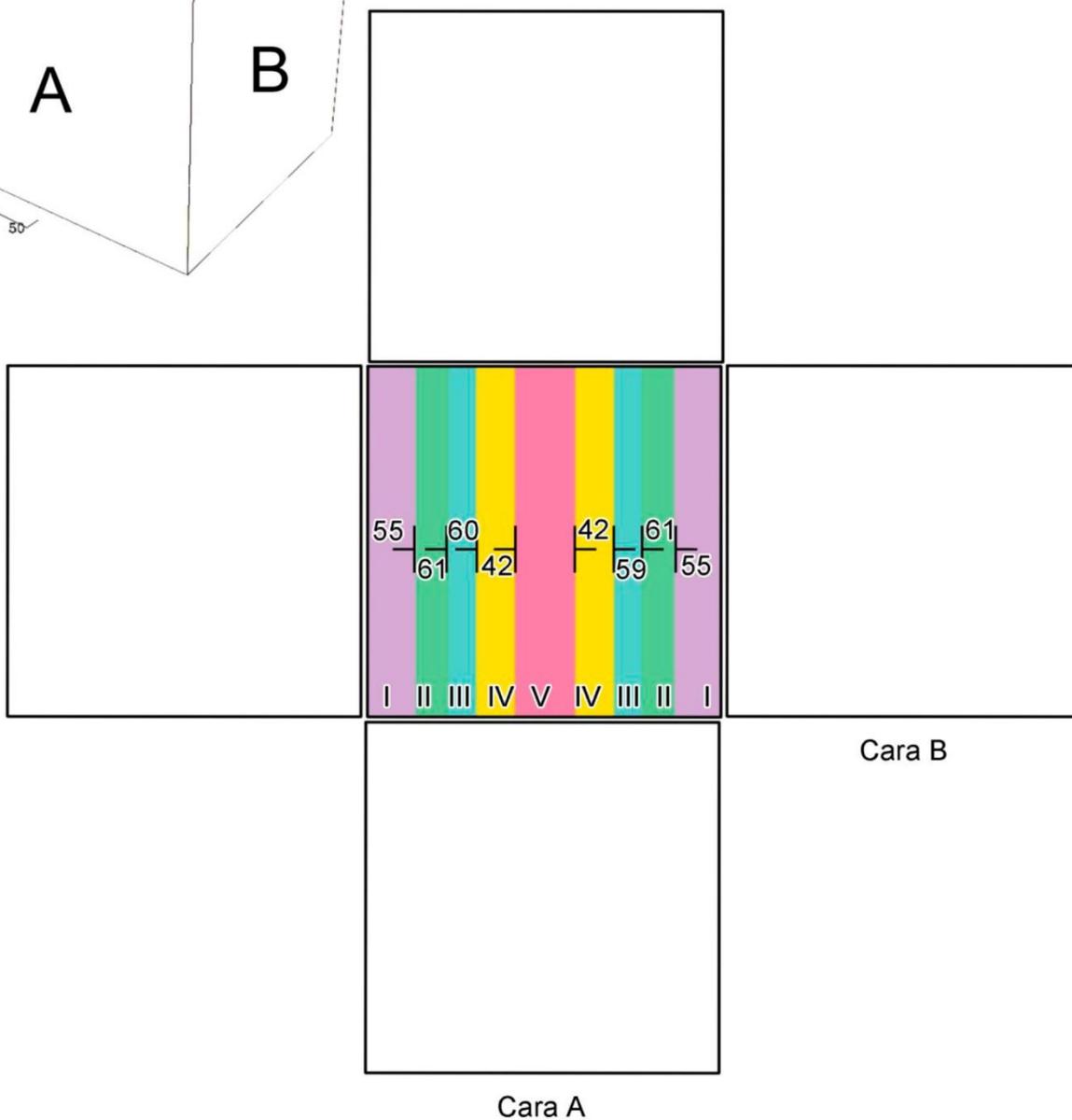
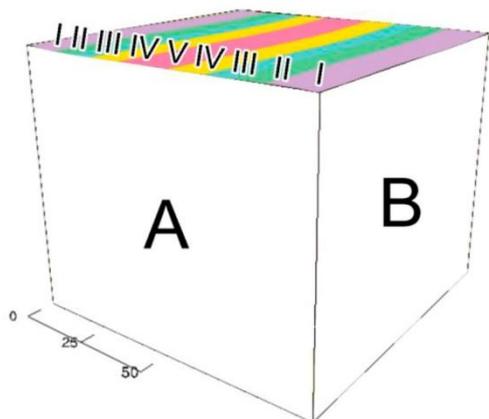
b) ¿Podrías dibujar cómo serían las capas que se ven a lo largo de las caras en blanco de los bloques?

(4ptos)



c) Con la cara superior del siguiente bloque y el ángulo de inclinación (buzamiento) de los estratos, dibuja **las cuatro caras** complementarias.

(4ptos)



## 5.5. Anexo V - Encuesta de satisfacción

Marca con una x según el grado en el que estés de acuerdo con las siguientes afirmaciones:

	Nada 1	Poco 2	Algo 3	Bastante 4	Mucho 5
<b>Sobre el uso de <i>Visible Geology</i>:</b>					
1.- La aplicación me ha parecido de utilidad.					
2.- Ha aumentado mi interés por la asignatura.					
3.- Me ha ayudado a comprender mejor la realidad.					
4.- Me ha ayudado a entender conceptos y procesos complejos que de otra forma me hubiera costado más entender.					
5.- Esta actividad me ha parecido interesante.					
6.- Me gustaría repetir la actividad en futuros cursos.					
<b>Sobre los conceptos aprendidos:</b>					
7.- Comprendo mejor los procesos geológicos.					
8.- Entiendo la diferencia entre mapa, columna y corte geológico.					
9.- Comprendo cómo afectan los procesos geológicos a un bloque y sabría pasar de un corte en dos dimensiones a un bloque en tres dimensiones.					
10.- Sabría reconstruir una historia geológica con los datos necesarios.					
<b>Sobre el nivel de dificultad:</b>					
11.- Me ha costado entender el programa.					
12.- Me ha costado entender los conceptos.					
13.- He tenido dificultades para desarrollar las historias geológicas a partir de los cortes.					
14.- He tenido dificultades para desarrollar cortes a partir de las historias geológicas.					
15.- La actividad me ha ayudado a comprender los conceptos de forma más rápida.					
16.- El nivel de los contenidos era adecuado para el curso.					

¿Qué aspectos del programa te han gustado más? ¿Y menos? ¿Cambiarías algo para mejorar la actividad?

## 5.6. Anexo VI - Examen académico de cuarto curso de ESO

Nombre		Nota final:	
Firma original:			
Revisión:			

Biología y geología  
4º ESO C  
Examen tema 3

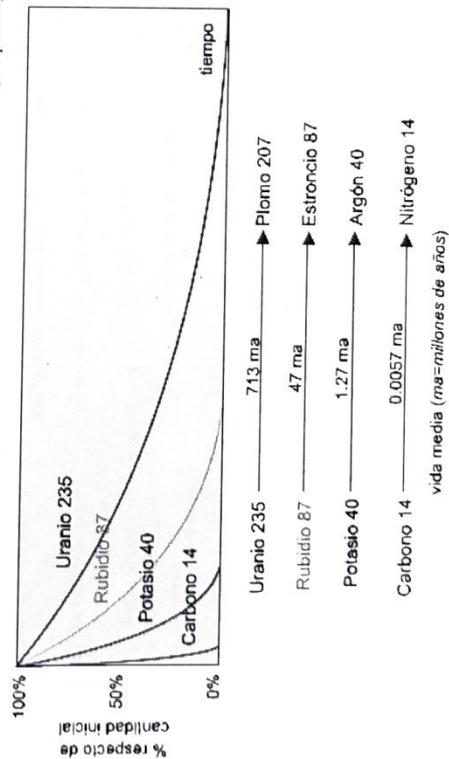
NOMBRE Y APELLIDOS: ..... Curso 2017-18

Para leer y escribir: Recuerda que tienes que sacar en estas preguntas, para corregir el resto del examen, un mínimo de un 30%, es decir 0,55 puntos en este caso. Escribe tus respuestas en la hoja final.

1. Define seis los siguientes conceptos: (1'8 puntos)
- Eón.
  - Geocronología.
  - Fósil.
  - Icnitas.
  - Coprolitos.
  - Neocatástrofismo.
  - Dendrocronología.
  - Tafonomía.

Para aplicar: .....

2. Sabiendo los periodos de vida media de varios isótopos radiactivos de diferentes elementos, contesta a las siguientes preguntas: (1'6 puntos)



Se están estudiando los sedimentos de relleno de una cueva y las rocas del entorno que la rodean.



Biología y geología  
4º ESO C  
Examen tema 3

- a) En uno de los estratos del exterior se han encontrado fósiles de *Nimulites* que necesitan ser datados de manera muy precisa. ¿Qué isótopos radiactivos deberías utilizar? Justifica tu respuesta. (0'3)

- b) Se está estudiando la edad de una estalactita analizando la cantidad de Potasio y Argón, cuyos datos apuntan a unos 1.270.000 años. ¿Qué cantidad de Potasio y de Argón relativa tendrá los minerales de la roca? (0'3)

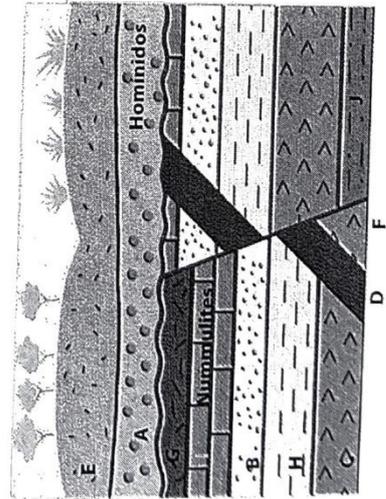
- c) En los niveles superiores se han encontrado unas cerámicas que poseen cantidad de Carbono 14 tres veces mayor que de Nitrógeno 14. ¿Qué edad tendrán? (0'3)

- d) ¿Qué es la vida media de un isótopo radiactivo? (0'3)

- e) Explica en qué consiste el método de datación radiométrico aquí empleado. (0'4)

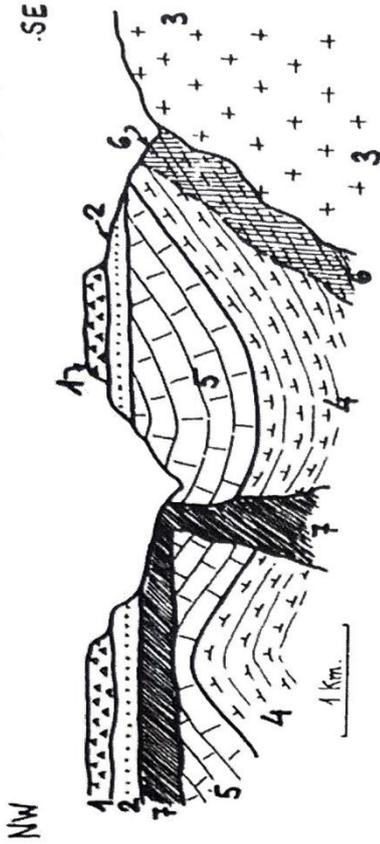
3. Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.  
*Cada respuesta contestada correctamente +0'15, cada respuesta contestada de manera incorrecta -0'05. Las respuestas no contestadas ni suman ni restan puntos*

- a)  La disposición de los estratos de la roca no influye en el relieve, por lo que es un factor que no se estudia.
- b)  En el diagrama de al lado, la falla se ha producido antes que la sedimentación del estrato G.
- c)  En el diagrama de al lado, podemos afirmar que el estrato D se ha producido por una sedimentación cruzada.
- d)  En el diagrama anterior, existe una discontinuidad debido a la erosión tras la sedimentación del estrato G.
- e)  En el diagrama anterior, los estratos más antiguos se sitúan en la parte inferior.
- f)  Los fósiles guía son aquellos que solo se encuentran en una zona.
- g)  Para que se produzca la fosilización es necesario que se den unos ambientes con unas características especiales.
- h)  El estrato G tiene una edad anterior a los 66 M.a.
- i)  Los numulites indican un estrato propio de ambientes lacustres.
- j)  La presencia de fósiles de homínidos indican un estrato reciente, del Cuaternario.



3/6

4. Ordena los acontecimientos geológicos que han sucedido en la siguiente historia geológica.  
*(1 punto)*

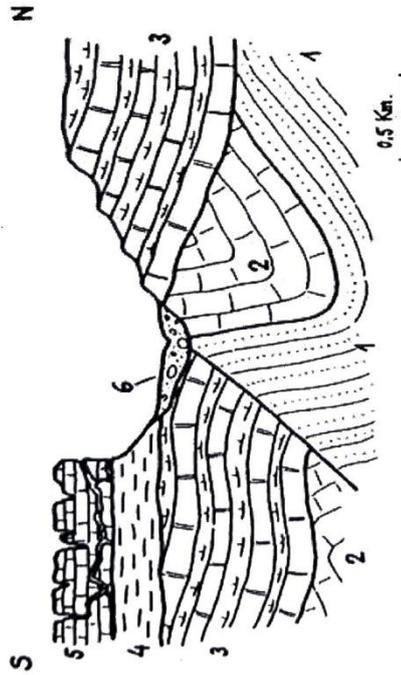


**Leyenda:** 1- Margas con sales. 2- Arenas con restos de Quercus. 3- Granodiorita. 4- Margas con Ceratites. 5- Calizas con Hippurites. 6- Corneanas o cornubianitas. 7. Andesitas.

- Formación de corneanas (aurcola metamórfica)
- Margas con ceratites.
- Depósito de arenas con Quercus.
- Intrusión magmática de andesitas
- Plegamiento
- Depósito de calizas con Hippurites
- Intrusión magmática de granodiorita, justo después del plegamiento
- Falla normal
- Erosión
- Depósito de margas con sales

5. Interpreta el siguiente corte geológico:

(2'8 puntos)



**Leyenda:** 1- Areniscas cretácicas. 2- Calizas con Hippurites. 3- Alternancia de calizas y margas con Nummulites. 4- Arcilla con Quercus. 5- Calizas lacustres con conductos de disolución. 6- Gravas y arenas.

- a) Describe la secuencia de acontecimientos geológicos que ha dado lugar a esa disposición de los estratos. (1)
- b) Señala  cuáles de los siguientes principios has utilizado para la interpretación de dicha historia geológica: (0'4)
- Actualismo.
  - Catastrofismo.
  - Principio de correlación orgánica.
  - Principio de superposición de estratos.
  - Principio de superposición de los acontecimientos geológicos.
  - Principio de correlación estratigráfica.
  - Tafonomía.
- c) Elige uno de los principios mencionados anteriormente y explícalo. (0'3)
- d) Señala en el dibujo la/s discordancia/s, si la/s hubiera e indica de qué tipo es/son. (0'3)

5/6

e) Señala en el dibujo la/s falla/s, si las hubiera, e indica razonadamente de qué tipo son. (0'4)

f) ¿Qué modelado del relieve representa el estrato 5? Justifica tu respuesta. (0'4)

6. Respecto al corte anterior, los *Nummulites* se utilizan como fósil guía ya que eran organismos unicelulares comunes en las rocas del Cenozoico. Vivían en los mares del Paleoceno y el Eoceno, hace entre 66 y 40 millones de años. (1'3 puntos)

- a) ¿Qué es el Cenozoico? (0'3)
- b) ¿Qué es un fósil guía? (0'4)
- c) ¿Qué características debe tener un fósil guía para ser considerado como tal? (0'6)

6/6