



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

MASTER EN PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA,
BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA INTERNACIONAL DE MÁSTER



**Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y
Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.**

Curso académico: 2016/2017

**PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA
ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DEL “CICLO DEL AGUA:
AGUAS SUBTERRÁNEAS Y AGUAS SUPERFICIALES”
BASADA EN INDAGACIÓN**

Tutor académico: Ángel Fernández Cortés

Departamento: Biología y Geología (Universidad de Almería)

Especialidad: Biología y Geología

Alumna: SUSANA GUTIÉRREZ LABOURET



Trabajo Fin de Máster Informe del Tutor

D/ña: Ángel Fernández Cortés, profesor/a del Departamento de Biología Y Geología de la Universidad de Almería y Tutor/a del Trabajo Fin de Máster presentada por D./ña. Susana Gutiérrez Labouret, con el título: Propuesta didáctica para la enseñanza/aprendizaje del “Ciclo del Agua: Aguas Subterráneas y Aguas Superficiales” basas en indagación.

Informa de que, de acuerdo con los requisitos de rigor, coherencia y calidad requeridos para los trabajos de esta naturaleza, emito mi opinión:

Favorable Desfavorable (márquese lo que proceda) para su presentación, lectura y defensa pública.

Indique brevemente aquella información que considere relevante acerca del contenido y/o del proceso de elaboración del TFM:

Cabe destacar la encomiable labor realizada por Susana Gutiérrez durante el periodo de prácticas del Máster, que ha resultado en un excelente Trabajo Fin de Máster. La información e interacción entre tutor y alumno ha sido muy satisfactoria a lo largo de este proceso. En el TFM queda reflejada la gran implicación de la alumna en su elaboración así como su integración en el IES donde ha desarrollado el periodo de prácticas. El TFM destaca por la gran variedad de actividades propuestas y su planificación en función de las características curriculares del alumnado, con capacidad de adaptación en función del desarrollo y evolución de la asignatura.

En Almería a 12 de Junio de 2017

Fdo. Prof. D/ña: Ángel Fernández Cortés



El presente documento constituye el Trabajo Fin de Máster del “Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas” de la Universidad de Almería, curso 2016-2017, realizado por la alumna Susana Gutiérrez Labouret, tutorado por D. Ángel Fernández Cortés (Departamento de Biología y Geología de la Universidad de Almería).

En el presente Trabajo Fin de Máster se desarrolla una propuesta didáctica para la materia de Geología, cuya base teórica se cimenta en los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la asignatura de Aprendizaje y enseñanza de la biología y geología del módulo específico de máster. Se presenta estructurado en cuatro partes. La primera de ellas corresponde a la fundamentación teórica de la metodología utilizada en la unidad didáctica propuesta.

En la segunda parte se describe la experiencia en el centro durante la fase de prácticas, prestando especial atención a la intervención intensiva. En este apartado se pretende dar una visión global de las tareas llevadas a cabo durante la fase de prácticas. Esta parte resulta ser fundamental para llegar a entender el resto del trabajo. La intervención intensiva se ha realizado en el curso de 2ª de PMAR (Programas de Mejora del Aprendizaje y del Rendimiento) de Educación Secundaria en el I.E.S. Carlos III de Aguadulce (Almería).

En la tercera parte se justifica la propuesta didáctica que se podría impartir en la asignatura de Geología, en particular en 2º curso de Bachillerato. Parte de esta unidad didáctica se ha podido poner en práctica durante la intervención intensiva, en concreto la secuencia denominada “El agua subterránea”. La metodología empleada consiste en “Aprendizaje por Indagación” cuya fundamentación se encuentra recogida en la primera parte.

El apartado cuarto de “Evaluación interna de la propuesta” recoge un análisis de los objetivos alcanzados y de mis impresiones a lo largo del transcurso de las prácticas y del TFM. A continuación aparecen en el trabajo las referencias bibliográficas mencionadas a lo largo del trabajo. Y por último, el apartado de “Anexos” se incluye la propuesta didáctica objeto del presente Trabajo Fin de Máster en la que se han previsto una serie de actividades opcionales con el objeto de clarificar dudas y para dar respuesta a la atención a la diversidad del alumnado.

Índice

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1. Análisis del currículo y competencia científica.....	1
1.2. Concepciones alternativas: aprendizaje constructivista.....	4
1.4. Elementos para el diseño de secuencias de enseñanza.....	7
1.5. Contextualización, indagación y modelización.....	8
1.6. Grandes ideas en Ciencias de la Tierra.....	9
2. INTERVENCIÓN INTENSIVA.....	10
3. PROPUESTA DIDÁCTICA.....	13
3.1. Objetivos conceptuales.....	13
3.2. Secuencia de actividades.....	14
3.2.1. Ciclo del agua.....	16
3.2.2. Aguas subterráneas.....	17
3.2.3. Aguas superficiales.....	20
4. EVALUACIÓN INTERNA DE LA PROPUESTA.....	21
4.1. Evaluación realizada durante la actividad intensiva.....	21
4.2. Evaluación interna de la propuesta de actividades.....	26
5. VALORACIÓN FINAL Y CONCLUSIONES.....	30
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
7. ANEXO.....	34
7.1. Propuesta didáctica.....	34
7.1.1. Secuencia de actividades.....	35
7.1.1.1. Ciclo del agua.....	35
7.1.1.2. Aguas subterráneas.....	40
7.1.1.3. Aguas superficiales.....	58

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1.1. Análisis del currículo y competencia científica.

El Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, (en adelante MEDC BOE núm. 3 de 2015), establece que el currículo estará integrado por los objetivos, competencias, contenidos, metodología didáctica así como los estándares de aprendizaje evaluables que determinan los procesos de enseñanza y aprendizaje para cada una de las enseñanzas y etapas educativas.

A continuación, se cita textualmente las definiciones recogidas en el artículo 2 del capítulo I:

1. A efectos de este real decreto, se entenderá por:

- a) Currículo: regulación de los elementos que determinan los procesos de enseñanza y aprendizaje para cada una de las enseñanzas y etapas educativas.
- b) Objetivos: referentes relativos a los logros que el estudiante debe alcanzar al finalizar cada etapa, como resultado de las experiencias de enseñanza-aprendizaje intencionalmente planificadas a tal fin.
- c) Competencias: capacidades para aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa, con el fin de lograr la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas complejos.
- d) Contenidos: conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que contribuyen al logro de los objetivos de cada enseñanza y etapa educativa y a la adquisición de competencias. Los contenidos se ordenan en asignaturas, que se clasifican en materias y ámbitos, en función de las etapas educativas o los programas en que participe el alumnado.
- e) Estándares de aprendizaje evaluables: especificaciones de los criterios de evaluación que permiten definir los resultados de aprendizaje, y que concretan lo que el estudiante debe saber, comprender y saber hacer en cada asignatura; deben ser observables, medibles y evaluables y permitir graduar el rendimiento o logro alcanzado. Su diseño debe contribuir y facilitar el diseño de pruebas estandarizadas y comparables.
- f) Criterios de evaluación: son el referente específico para evaluar el aprendizaje del alumnado. Describen aquello que se quiere valorar y que el alumnado debe lograr, tanto en conocimientos como en competencias; responden a lo que se pretende conseguir en cada asignatura.

g) Metodología didáctica: conjunto de estrategias, procedimientos y acciones organizadas y planificadas por el profesorado, de manera consciente y reflexiva, con la finalidad de posibilitar el aprendizaje del alumnado y el logro de los objetivos planteados. (MEDC BOE núm. 3 de 2015 pág. 171-172)

La Propuesta didáctica objeto del presente Trabajo Fin de Máster se fundamenta en una serie de principios generales recogidos en el artículo 24 del Real Decreto, que permite que los alumnos desarrollen las capacidades recogidas en el Artículo 25.

Objetivos de Bachillerato:

El Bachillerato contribuirá a desarrollar en los alumnos y las alumnas las capacidades que les permitan:

- a) Ejercer la ciudadanía democrática, desde una perspectiva global, y adquirir una conciencia cívica responsable, inspirada por los valores de la Constitución española así como por los derechos humanos, que fomente la corresponsabilidad en la construcción de una sociedad justa y equitativa.
- b) Consolidar una madurez personal y social que les permita actuar de forma responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales.
- c) Fomentar la igualdad efectiva de derechos y oportunidades entre hombres y mujeres, analizar y valorar críticamente las desigualdades y discriminaciones existentes, y en particular la violencia contra la mujer e impulsar la igualdad real y la no discriminación de las personas por cualquier condición o circunstancia personal o social, con atención especial a las personas con discapacidad.
- d) Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.
- e) Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana y, en su caso, la lengua cooficial de su Comunidad Autónoma.
- f) Expresarse con fluidez y corrección en una o más lenguas extranjeras.
- g) Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.
- h) Conocer y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo, sus antecedentes históricos y los principales factores de su evolución. Participar de forma solidaria en el desarrollo y mejora de su entorno social.
- i) Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.
- j) Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.

- k) Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.
- l) Desarrollar la sensibilidad artística y literaria, así como el criterio estético, como fuentes de formación y enriquecimiento cultural.
- m) Utilizar la educación física y el deporte para favorecer el desarrollo personal y social.
- n) Afianzar actitudes de respeto y prevención en el ámbito de la seguridad vial. (MEDC BOE núm. 3 de 2015 pág. 188)

De acuerdo con el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, la secuencia de actividades propuesta podría impartirse en la asignatura de Geología de 2º de Bachillerato, en concreto en el Bloque 8 denominado “Recursos minerales y energéticos y aguas subterráneas”. Dicho bloque contiene los siguientes contenidos y criterios de evaluación:

Geología. 2º Bachillerato	
Bloque 8. Recursos minerales y energéticos y aguas subterráneas	
Contenidos	Criterios de evaluación
El ciclo hidrológico y las aguas subterráneas. Nivel freático, acuíferos y surgencias. La circulación del agua a través de los materiales geológicos. El agua subterránea como recurso natural: captación y explotación sostenible. Posibles problemas ambientales: salinización de acuíferos, subsidencia y contaminación.	6. Explicar diversos conceptos relacionados con las aguas subterráneas como: acuíferos y sus tipos, el nivel freático, manantiales, y surgencias y sus tipos, además de conocer la circulación del agua a través de los materiales geológicos. 7. Valorar el agua subterránea como recurso y la influencia humana en su explotación. Conocer los posibles efectos ambientales de una inadecuada gestión.

Como hemos comentado, otro de los elementos a tratar en cuento al análisis del currículo consiste en las competencias, que según recoge el artículo 2.2. son las siguientes:

- a) Comunicación lingüística.
- b) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
- c) Competencia digital.
- d) Aprender a aprender.
- e) Competencias sociales y cívicas.
- f) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.
- g) Conciencia y expresiones culturales.

Para una adquisición eficaz de las competencias y su integración efectiva en el currículo, deberán diseñarse actividades de aprendizaje integradas que permitan al alumnado avanzar hacia los resultados de aprendizaje de más de una competencia al mismo tiempo. (MEDC BOE núm. 3 de 2015 pág. 172)

El Real Decreto establece que, además de potenciar el desarrollo de las competencias comunicación lingüística y matemática, es importante desarrollar las competencias básicas en ciencia y tecnología. En estas últimas se centra nuestra atención en el presente Trabajo Fin de Máster.

1.2. Concepciones alternativas: aprendizaje constructivista.

Pozo & Gómez (2001) señalan la importancia de conocer y analizar las concepciones alternativas que tienen los estudiantes en relación a las materias a impartir, ya que aportan información sobre las limitaciones que pueden aparecer en el aprendizaje de la misma.

La dificultad es mayor en el caso de que el profesor desconozca las ideas previas del alumno y no las tenga en cuenta durante el proceso de organización de la enseñanza al respecto (Cuéllar, 2009, p.1).

En cuanto a las características de las concepciones alternativas, Furió, C., Solbes, & Carrascosa (2006) establecen una serie de proposiciones:

- Las concepciones alternativas están ampliamente representadas en el aprendizaje de las diferentes áreas científicas.

- Las concepciones alternativas más estables están organizadas en esquemas conceptuales coherentes y son más resistentes a la enseñanza habitual.
- Algunas de las concepciones alternativas se parecen a ideas existentes en épocas pasadas de la historia de la ciencia.
- Más allá de las concepciones alternativas: las dificultades de aprendizaje debidas a formas de razonamiento de ‘sentido común’. (pp.66-70)

Driver (1988) propuso un modelo a emplear en la enseñanza de ciencias con el objeto de cambiar las concepciones alternativas. Este modelo se estructura en cuatro fases: orientación, explicación, reestructuración y revisión. En la primera de las fases, el profesor debe despertar el interés de los alumnos utilizando por ejemplo preguntas relacionadas con la realidad que les rodea; en la segunda fase los alumnos deben exponer sus ideas; a continuación se deben cambiar las ideas de los alumnos utilizando distintas estrategias; y por último, se debe comparar las nuevas ideas con las iniciales para comprobar si se ha realizado realmente el cambio de ideas (p.13).

1.3. Expresar ciencia y argumentación.

“Para que los alumnos aprendan ciencia y sepan utilizar sus conocimientos científicos en distintos contextos y situaciones, es decir, sean competentes científicamente, es absolutamente imprescindible que *hablen y escriban* ciencia” (Martín-Díaz, 2013, p.1). En este sentido, los estudiantes deben aprender a utilizar una forma de razonar propia de las ciencias (Jiménez, 1998, p.210).

Para Lemke (1990), hablar de ciencias, más que «hablar sobre ciencias» significa hacer ciencias por medio del lenguaje e implica observar, describir, comparar, clasificar, discutir, preguntar, elaborar hipótesis, diseñar experimentos, evaluar, comunicar resultados a otras personas, etc.

Por otro lado, para *hablar ciencia* es necesario saber argumentar, que consiste en una operación mental basada en “buscar y presentar datos y pruebas para fundamentar, demostrar y hacer creíble algo (conocimientos, problemas, resultados, hechos, fenómenos, contradicciones...)” (De la Chaussé, 2009, p 144). El objeto de la argumentación es ofrecer pruebas con las que poder demostrar o convencer de algo.

Uno de los modelos de análisis más utilizados es el patrón de argumentación de Toulmin (1958), autor del esquema que se reproduce a continuación:

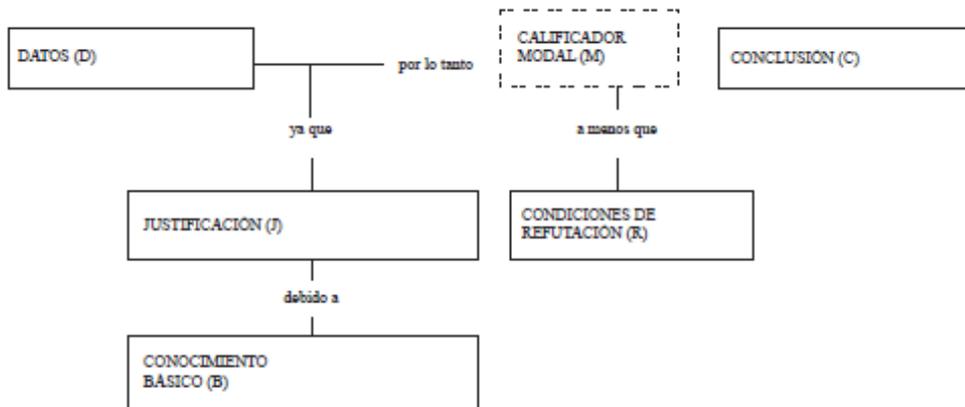


Ilustración 1 Esquema de argumentación de Toulmin

Fuente: (Jiménez, M., 1998, p.213)

Donde:

- Datos (D): «Hechos» a los que se alude como base para la conclusión.
- Calificador modal (M): Especifica condiciones para la hipótesis o conclusión.
- Conclusión (C): Enunciado más o menos hipotético cuya validez se quiere establecer.
- Justificación (J): Enunciado general que justifica la conexión entre dato y conclusión. «Si te tiñes el pelo de amarillo, tus hijos no nacerían con el pelo amarillo.»
- Refutación (R): Especifica condiciones para descartar la hipótesis o conclusión.
- Conocimiento básico (B): Conocimiento de carácter teórico que ejerce como respaldo a la justificación (puede proceder de distintas fuentes: docente, libro, guión, elaboración propia) (Jiménez, 1998, p.213).

Martín-Díaz (2013) afirma que los factores que influyen en el aprender a *hablar ciencia* son:

- La dificultad de los contenidos (conceptos) y de las relaciones semánticas entre ellos.

- La forma en la que se establecen las relaciones entre el profesor y el alumno, que dependen a su vez de las actividades en sí y del desarrollo temático. (p.294)

Así mismo, la autora Martín-Díaz (2013) afirma que se deben realizar actividades en las que se potencie la expresión, tanto hablada como escrita, de los alumnos. Hay que enseñarles a hablar y escribir ciencia. En este sentido se pueden emplear las estrategias siguientes:

- Empleo de mapas conceptuales.
- Realización de experimentos utilizando la metodología de indagación.
- Resolución de problemas que permiten introducir explicaciones.
- Otras estrategias (Se procurará que estudien escribiendo, que revisen los apuntes tomados en clase, ...) (p.296).

Por último, Martín-Díaz (2013) concluye que “hablando o escribiendo ciencia, se aprende ciencia, se logra la competencia científica, se utiliza el conocimiento científico” (p.305). Este es el principio básico de la metodología de indagación.

1.4. Elementos para el diseño de secuencias de enseñanza.

En los National Standards Council (1996) que recoge el diseño curricular de Estados Unidos se define la indagación como actividades que implican a los estudiantes en: “realizar observaciones; plantear preguntas; examinar libros y otras fuentes; planificar investigaciones; revisar lo que se sabe a la luz de la evidencia experimental; recoger, analizar e interpretar datos; proponer preguntas, explicaciones y predicciones; y comunicar resultados” (Jiménez, 1998, p.206).

Martínez et al. (2015) establece un esquema que recoge las características esenciales que debe tener la secuencia de actividades para que el alumno aprenda mediante la metodología de indagación:

- Enfrentarse con cuestiones científicas sobre fenómenos naturales o tecnológicos, cuya respuesta puede ser confirmada o rechazada mediante pruebas.
- Formular explicaciones justificadas, bien hipótesis que expresan una relación

entre variables, o bien modelos que expresan su comprensión de la realidad.

- Buscar pruebas que permitan contrastar las explicaciones, mediante datos obtenidos a través de diseños experimentales propios, la búsqueda de información o la consistencia encontrada en otros conocimientos ya consolidados.
- Analizar e interpretar la información y los datos recogidos, adaptando las explicaciones inicialmente formuladas a la nueva información, mejorando así su validez o utilidad.
- Comunicar e intercambiar ideas, considerando explicaciones alternativas a las personales y sometiendo a crítica el proceso y conclusiones obtenidas.
- Utilizar y revisar las explicaciones/modelos, evaluándolas a la luz de otras bien argumentadas con mayor capacidad explicativa. (p.151)

La presente propuesta didáctica se basa en el método de indagación y se ha previsto trabajar con una serie de modelos. Según Gilbert (2004) el uso de modelos permite dar explicación a fenómenos naturales que explicados de forma tradicional puede resultar más difícil de comprender. De esta forma se favorece la construcción del conocimiento por parte del alumno siempre guiado por el profesor.

Cuando el alumno entiende lo que está haciendo, “puede predecir lo que pasará, elaborar hipótesis y posteriormente observar, explicar, reflexionar, compartir, cuestionar y justificar lo que está pasando” (Nebot, & Márquez, 2014, p.22). De esta forma la metodología de indagación cumple su objetivo que consiste en que el alumno construya su propio conocimiento y que encuentre explicación a fenómenos naturales.

1.5. Contextualización, indagación y modelización.

Una buena forma de enseñar ciencia consiste en la contextualización, la indagación y la modelización, que permite a su vez desarrollar la competencia científica.

Una buena propuesta didáctica debe tener en cuenta las siguientes dimensiones: contexto, indagación y modelización. Mediante la contextualización se puede relacionar la ciencia con la vida cotidiana de los alumnos. Por otro lado, la indagación permite el diseño de experimentos para resolver o contestar a preguntas concretas. Y por último, mediante la modelización se pueden crear representaciones mentales de hechos y fenómenos con el objetivo de explicarlos (Caamaño, 2014, p.5).

La indagación basada en modelos “se refiere a un proceso dinámico del aprendizaje, orientado a construir conocimiento descriptivo, explicativo y predictivo, produciendo una evolución en las ideas de los que aprenden, mientras se preguntan sobre un fenómeno” (Martínez et al.,2015, pp. 150-151).

1.6. Grandes ideas en Ciencias de la Tierra.

Son numerosos los estudios que se vienen haciendo en los últimos años en los que se recogen los conocimientos básicos que deben tener los alumnos de educación secundaria en cuanto a las Ciencias de la Tierra. Emilio Pedrinaci dedicó gran parte de su vida a la “defensa de la renovación didáctica de las ciencias y de la enseñanza de las ciencias de la Tierra en España” (Caamaño, A, & López-Gay, R., 2017, p.5).

Una de sus grandes contribuciones a la enseñanza de las ciencias es el enunciado de las ideas clave del conocimiento sobre la Tierra y su funcionamiento que todo ciudadano debería tener:

1. La Tierra es un sistema complejo en el que interaccionan las rocas, el agua, el aire y la vida.
2. El origen de la Tierra va unido al del Sistema Solar y su larga historia está registrada en los materiales que la componen.
3. Los materiales de la Tierra se originan y modifican de forma continua.
4. El agua y el aire hacen de la Tierra un planeta especial.
5. La vida evoluciona e interacciona con la Tierra modificándose mutuamente.
6. La tectónica de placas es una teoría global e integradora de la Tierra.
7. Los procesos geológicos externos transforman la superficie terrestre.
8. La humanidad depende del planeta Tierra para la obtención de sus recursos y debe hacerlo de forma sostenible.
9. Algunos procesos naturales implican riesgos para la humanidad.
10. Los científicos interpretan y explican el funcionamiento de la Tierra basándose en observaciones repetibles en ideas verificables. (Pedrinaci, E., 2012, p.139)

En el presente Trabajo Fin de Máster, se trabajará las ideas clave 4 y 8: *El agua y el aire hacen de la Tierra un planeta especial y la humanidad depende del planeta Tierra para la obtención de sus recursos y debe hacerlo de forma sostenible.*

2. INTERVENCIÓN INTENSIVA.

Sin lugar a dudas creo que el periodo de prácticas es lo más importante del Máster en Profesorado de Educación Secundaria, ya que permite tener una experiencia real de la labor de un docente. En la primera fase de prácticas he podido observar la realidad educativa actual puesta de manifiesto por los docentes, como es la falta de motivación y esfuerzo por parte de los alumnos. En cuanto a la segunda fase de prácticas, me ha resultado especialmente útil ya que he podido comprobar cómo me desenvuelvo en clase para darme cuenta de los aspectos en los que tengo que mejorar.

En el I.E.S. Carlos III de Aguadulce (Almería) en el que he realizado las prácticas no hay alumnos especialmente conflictivos, por lo que la experiencia ha sido bastante fácil en este sentido. Así mismo, el grupo en el que he realizado la intervención intensiva era reducido y probablemente esto ha influido en que las clases se hayan desarrollado sin ningún tipo de problema.

Mi intervención intensiva ha estado destinada a los alumnos de 2º de PMAR (correspondiente a los alumnos de 3º de la ESO). La asignatura se denomina “Ámbito científico-matemático” y engloba las siguientes materias: matemáticas, biología y geología, física y química. Las sesiones impartidas se engloban en el ámbito de la geología.

La unidad didáctica impartida ha sido “El relieve, el medioambiente y las personas”. La elección del tema tenía una razón de tipo temporal, ya que era la que correspondía con la temporización prevista.

Esta unidad se divide en los siguientes apartados:

- El relieve y su modelado.
- Los ecosistemas y las cadenas tróficas.
- La protección del medio ambiente.

El hecho de trabajar con un grupo de PMAR ha supuesto un reto para mí, principalmente por el hecho de tener que esforzarme en preparar una secuencia de actividades que les motivara y llamara la atención.

Durante la intervención intensiva se han utilizado dos metodologías de enseñanza distintas. La tercera sesión, dedicada a las “aguas subterráneas” se ha impartido mediante “aprendizaje de Indagación”. El resto de las sesiones no se encuadra en una metodología concreta, aunque podría definirse como constructivista. No se pudo utilizar una metodología de indagación a lo largo de todas las sesiones debido al excesivo contenido a impartir en pocas horas lectivas.

En general, la finalidad de ambas metodologías ha sido:

- Que estuvieran motivados y participativos.
- Favorecer la implicación del alumnado en su propio aprendizaje y potenciar los procesos de aprendizaje autónomo.
- Que razonaran en todo momento, con la finalidad de que los conocimientos adquiridos a lo largo de las clases no se les olvidaran.
- Estimular la superación individual, el desarrollo de todas sus potencialidades, fomentar la confianza en sí mismo.
- Promover hábitos de colaboración y de trabajo en equipo.
- Integración de recursos tic en el aula.

En cuanto a la función del profesor, éste actúa como orientador facilitando el desarrollo del alumno, ajustándose al nivel competencial inicial del estudiante y teniendo en cuenta la atención a la diversidad y el respeto por los distintos ritmos y estilos de aprendizaje mediante prácticas de trabajo individual y cooperativo.

Como he comentado anteriormente, en la sesión nº3 “Aguas subterráneas” pude poner en práctica parte de la secuencia de actividades del Trabajo Fin de Máster, realizada mediante una metodología de indagación. Al no disponer de mucho tiempo, por la extensión del tema a impartir, tuve que adaptar la secuencia de actividades reduciendo por ejemplo las actividades relativas al “ciclo del agua”. Tampoco he

podido poner en práctica la parte relacionada con “aguas superficiales”. En cualquier caso, estos apartados se desarrollan en el presente Trabajo Fin de Máster.

Me habría gustado dedicar parte de la clase a conocer sus concepciones alternativas para saber qué sabían del tema con objeto de poder guiarlos y clarificar aquellos conceptos erróneos que pudieran tener. En cualquier caso, antes del inicio de la intervención intensiva, tenía bastante claro cuales podían ser las concepciones alternativas gracias a distintos artículos que cito en la bibliografía.

Esta sesión logró atraer el interés de los alumnos y se mostraron participativos en todo momento.

Respecto al resto de sesiones, se ha pretendido fomentar el aprendizaje activo y participativo entre el alumnado, que el alumno desarrollara un papel activo procesando la información recibida y conectando dicha información con su propia realidad de forma que pudieran encontrar un significado a lo estudiado. Para ello se han realizado una serie de actividades en clase procurando que los alumnos entendieran y razonaran lo que estaban haciendo. Creo que es la mejor manera de que adquieran conocimientos y que estos no se olviden con tanta facilidad como suele ocurrir cuando se aprenden las cosas de memoria y especialmente sin entenderlas.

Estas actividades tipo han consistido en: uso de vídeos relacionados con el contenido a impartir, hojas de prácticas o cuaderno de trabajo en el que los alumnos debían responder a una serie de preguntas o realizar actividades, simuladores de formación de distintas formas del relieve, Google Earth y en particular su herramienta de “imágenes históricas” con la que los alumnos podían comprobar la evolución de distintas formaciones del relieve, cuestionario de evaluación mediante la herramienta kahoot gracias a la cual se puede comprobar el grado de comprensión y los conocimientos adquiridos de una forma divertida.

Al terminar cada sesión, los alumnos hacían de forma anónima los cuestionarios con objeto de comprobar si se habían entendido los conocimientos más importantes que se pretendía.

3. PROPUESTA DIDÁCTICA.

3.1. Objetivos conceptuales.

Castro (2017) recoge una serie de objetivos conceptuales relacionados con las aguas subterráneas y que se detallan a continuación, además de otros objetivos que considero importantes y que se encuentran relacionados con el ciclo del agua y las aguas superficiales:

- Conseguir que el alumno tenga una visión general del ciclo del agua y en concreto de las aguas subterráneas y superficiales. (Secuencia 1)
- Comprender que los procesos que intervienen en el ciclo del agua no se originan en un punto concreto del ciclo sino que pueden producirse en distintos momentos del ciclo. Así mismo, se pretende que los alumnos tomen conciencia de la gran variedad posible de recorridos que puede seguir el agua. (Secuencia 1)
- Comprobar la diferente permeabilidad de los terrenos geológicos en relación con su porosidad e influencia en la formación de acuíferos. (Secuencia 2)
- Que entiendan el concepto de nivel freático y cómo puede variar. (Secuencia 2)
- Tener una idea clara de qué son y de dónde proviene el agua de un río así como el agua de un manantial y pozos. (Secuencia 2)
- Comprender procesos como la evaporación, condensación y evapotranspiración (Actividad opcional de la secuencia 2)
- Observar la estrecha relación entre infiltración y escorrentía. (Secuencia 2 y 3)
- Factores que influyen en el caudal de un río: relación de la escorrentía con la intensidad de precipitación, la pendiente, permeabilidad del suelo y la cubierta vegetal (Secuencia 3)
- Conocer las repercusiones de las actividades el hombre (gestión y contaminación) en el ciclo hidrológico de una forma global. (Secuencia 2 y 3)
- Relación entre la deforestación y el aumento de riesgo de inundaciones. (Secuencia 3)

3.2. Secuencia de actividades.

Como hemos mencionado con anterioridad, la secuencia de actividades propuesta podría impartirse en la asignatura de Geología de 2º de Bachillerato, en concreto en el bloque 8 denominado “recursos minerales y energéticos y aguas subterráneas”. Dicho bloque contiene los siguientes contenidos:

- El ciclo hidrológico y las aguas subterráneas. Nivel freático, acuíferos y surgencias. La circulación del agua a través de los materiales geológicos. El agua subterránea como recurso natural: captación y explotación sostenible. Posibles problemas ambientales: salinización de acuíferos, subsidencia y contaminación.

La presente propuesta didáctica se compone de 8 sesiones de 50 minutos y se ha estructurado en tres partes:

- Ciclo del agua.
- Aguas subterráneas.
- Aguas superficiales.

Para el diseño de la propuesta se ha partido de los conocimientos previos del alumno, es decir, de sus concepciones alternativas. Es importante esta fase previa ya que “en muchas ocasiones lo que se está trabajando puede quedar muy alejado de los que el alumno sabe o está pensando” (Nebot, & Márquez Bargalló, 2014, p.21).

La presente propuesta didáctica se basa en el método de indagación y se ha previsto trabajar con una serie de modelos realizados principalmente mediante un recipiente (caja de plástico transparente o bien una garrafa de agua cortada por la mitad), grava, arcilla y agua. La grava y arcilla representan materiales de diferente permeabilidad. Según Gilbert (2004) al utilizar modelos se puede dar explicación a fenómenos naturales que explicados de forma tradicional puede resultar más difícil de entender. De esta forma se favorece la construcción del conocimiento por parte del alumno siempre guiado por el profesor.

La fase de diseño y construcción del modelo es quizá la más importante ya que permite al alumno enfrentarse “a procesos de planteamiento y resolución de problemas tanto técnicos como geológicos...Rápidamente comienzan a darse cuenta de sus errores de diseño si este no responde a sus predicciones” (Calvo et al.,2007, p.346). Según recogen estos autores, se produce mayor aprendizaje cuando los alumnos trabajan no con un modelo prediseñado, donde los resultados son los previsto, sino con un modelo construido por ellos mismos.

Los modelos utilizados se consideran válidos ya que permiten explicar hechos de diferente naturaleza, así como confirmar predicciones. A lo largo de las actividades se han ido introduciendo modificaciones en los modelos con el objeto de poder seguir aplicándolos a más fenómenos.

Son necesarias muchas actividades para que el alumno vaya encajando las piezas del puzle y que termine por entender, en este caso, el ciclo del agua y cómo se relacionan entre sí sus elementos y procesos.

Cuando el alumno entiende lo que está haciendo, “puede predecir lo que pasará, elaborar hipótesis y posteriormente observar, explicar, reflexionar, compartir, cuestionar y justificar lo que está pasando” (Nebot, & Márquez Bargalló, 2014, p.22). De esta forma la metodología de indagación cumple su objetivo que consiste en que el alumno construya su propio conocimiento y que encuentre explicación a fenómenos naturales.

En la propuesta didáctica se han previsto una serie de actividades complementarias que podrán introducirse en las secuencias para ayudar a resolver o clarificar dudas que les pueden ir surgiendo a los alumnos. Se podrá optar por unas u otras actividades en función del nivel de grupo o bien del ritmo de aprendizaje de los alumnos. Mediante esta propuesta educativa flexible se pretende también dar respuesta a la atención a la diversidad del alumnado.

Al final de cada una de las partes es recomendable que el alumno realice un cuestionario de emociones previamente elaborado por el profesor. En él se podrá poner de manifiesto el grado de comprensión de cada contenido trabajado así como

las emociones que haya podido experimentar a lo largo de las actividades. Este cuestionario será anónimo permitiendo de esta forma que el alumno exprese con total libertad sus sensaciones.

3.2.1. Ciclo del agua.

Con estas actividades se pretende conseguir una visión del ciclo integral del agua, incidiendo en los conceptos erróneos que se tienen al respecto, como por ejemplo obviar las aguas subterráneas.

Algunas actividades proceden de los siguientes artículos y se han adaptado a los objetivos previstos en la propuesta didáctica:

- Márquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: El ciclo del agua. *Enseñanza De Las Ciencias*, 21(3), 371-386.
- Presentación elaborada por los profesores de la asignatura Aprendizaje y Enseñanza de Biología y Geología (Curso 2016/2017). María Rut Jiménez Liso, María Martínez Chico y Rafael López Gay Lucio Villegas. Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas, de la Universidad de Almería

Esta primera sesión se ha previsto principalmente para conocer las concepciones alternativas que puedan tener los alumnos sobre este tema. Para ello se han consultado los siguientes artículos:

- Márquez, C., & Bach, J. (2007). Una propuesta de análisis de las representaciones de los alumnos sobre el ciclo del agua. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 15, 280-286.
- Reyero, C., Calvo, M., Vidal, M., García García, E., & Morcillo Ortega, J. (2007). Las ilustraciones del ciclo del agua en los textos de Educación Primaria. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 15, 287-294.

Márquez y Bach (2007) establecieron unos tipos de modelos sobre el ciclo del agua en los que se relacionan los componentes espaciales y dinámicos. De esta forma se obtienen 6 modelos, donde el 1 representa a los modelos más sencillos y el 6 los más

complejos:

- Modelo tipo 1 o cíclico: No se cierra las entradas ni salidas.
- Modelo tipo 2 o atmosférico: Sólo se consideran los flujos de evaporación y precipitación.
- Modelo tipo 3 o de circulación superficial: Consiste básicamente en que el mar se evapora, se forman las nubes, llueve (generalmente solo en las montañas), esto da lugar a la formación de ríos que vierten al mar.
- Modelo tipo 4 o de circulación subterránea: Además de los procesos recogidos en el modelo anterior, se añade la circulación subterránea que llega hasta el mar, pero no muestra el proceso de infiltración.
- Modelo tipo 5 o del agua subterránea como reserva independiente: Suelen representar una “bolsa” de agua subterránea pero que no se encuentra relacionada con el resto del ciclo. En estos dibujos puede aparecer el proceso de infiltración, pero no indica cómo se reincorpora esta agua al ciclo hidrológico.
- Modelo tipo 6 o integrador: “recoge las representaciones que además de mostrar el acuífero y la circulación subterránea, muestran el proceso de infiltración por el cual el agua superficial pasa a ser subterránea y el proceso inverso que es el de surgencia”. (p.283).

En la secuencia se va a trabajar mediante el uso de un modelo que consiste en dibujar el ciclo del agua. En un primer momento serán los alumnos los que elaboren su modelo de forma que puedan descubrir sus propias concepciones alternativas. Las actividades se irán desarrollando de forma guiada por el profesor de forma que los conocimientos se vayan asentando mediante una estructura lógica.

3.2.2. Aguas subterráneas.

En este apartado vamos a trabajar con un modelo de aguas subterráneas. Según menciona Calvo, *et al.* (2007) en su artículo “El trabajo con modelos en aguas subterráneas”, el hecho de no poder ver las aguas subterráneas genera una dificultad manifiesta para imaginar y entender qué ocurre en la fase subterránea del ciclo del agua.

La metodología de esta actividad se basa en la realización de un modelo de acuífero, a realizar entre los alumnos y el profesor, y la realización de una serie de actividades de forma que el alumno vaya adquiriendo conocimientos. Se irán intercalando algunos modelos sencillos que realizará el propio alumno cuando se quiera trabajar algún concepto concreto.

Algunas actividades se han realizado a partir de los siguientes artículos adaptándose a los objetivos previstos en la secuencia:

- Castro, M., & Gracia Santos, J. (2017). Modelo a escala reducida del funcionamiento de acuíferos. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 2(1), 272-278.
- Calvo, M., Reyero, C., Vidal, M., Morcillo, J., & García, E. (2007). El trabajo con modelos en aguas subterráneas. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 15, 341-347.
- Nebot, M. (2007). El ciclo del agua en una garrafa. *Enseñanza de las ciencias de la tierra*, 15, 333-340.
- Nebot, M., & Márquez Bargalló, C. (2014). El ciclo del agua en el laboratorio Una propuesta de modelización. *Alambique Didáctica De Las Ciencias Experimentales*, 77, 17-34.

Como hemos comentado anteriormente, es importante conocer las ideas previas de los alumnos, por lo que, además de hacer uso de los resultados obtenidos en la secuencia anterior, es importante acudir a otras fuentes como artículos. Se muestra a continuación algunas de las ideas previas recogidas en el artículo denominado “*Modelo a escala reducida del funcionamiento de acuíferos*” de Castro Encabo y Gracia Santos (2017):

- El agua subterránea procede de aguas marinas que comunican con los pozos mediante algún conducto, o bien tiene un origen interno que algunos relacionan con la actividad magmática.

- El agua subterránea circula por una especie de conductos de gran diámetro y que se almacena en grandes cavidades internas al estilo de cuevas. Pensamos que esto es debido a:
 - La idea popular de existencia de "vetas" y "ríos subterráneos".
 - La existencia de esquemas nefastos en los libros de texto que dan a entender estos postulados.
 - Una generalización del hecho de que todas las aguas subterráneas son como las que aparecen en las fotos de conductos kársticos.
- Los alumnos han comprobado efectivamente que el agua de las precipitaciones penetra en el suelo, pero la mayoría de ellos cree que sale de él por evaporación, sin que lleguen a plantearse que puede continuar más abajo y que es el mismo agua que el agua subterránea.
- Los ríos se alimentan de aguas de escorrentía superficial y de fusión de nieve, pero nunca de aportes subterráneos (p. 273)

El ciclo del agua es muy estudiado, pero en general no se comprende en profundidad porque se suele trabajar de manera puramente descriptiva y porque no se puede realizar una observación directa de algunos de sus fenómenos (Bach & Brusi, 1988).

Nebot, & Márquez, (2014) afirman que al estudiar las aguas subterráneas de forma teórica a los estudiantes les resulta complicado entender el flujo subterráneo del agua por lo que resulta interesante realizar actividades en las que se trabaje la permeabilidad y la porosidad de los materiales, la formación de manantiales y la dinámica de los pozos (p.77).

El modelo empleado en la secuencia presenta limitaciones ya que no representa el proceso de la escorrentía superficial de manera que toda el agua de lluvia se infiltra y no se desplaza por la superficie del terreno. Por este motivo se ha previsto la tercera secuencia de actividades denominada "aguas superficiales". En cuanto a los fenómenos de condensación y evaporación se trabajan en actividades opcionales o complementarias. Es importante comentar estas limitaciones al alumno.

3.2.3. Aguas superficiales.

La secuencia de “aguas superficiales” se trabaja mediante una serie de actividades de diverso tipo. Entre ellas destaca el uso de un modelo similar al utilizado en la secuencia anterior, con la diferencia de que para simular la escorrentía superficial se utiliza un material impermeable como la arcilla.

En el modelo ...”se pueden simular cambios, hacer predicciones, observar o inferir lo que está pasando y obtener conclusiones” (Nebot, & Márquez Bargalló, 2014, p.17). En la secuencia se han tenido en cuenta las ideas previas de los alumnos y se construye un modelo consensuado entre éstos y el profesor. El modelo permite relacionar procesos del ciclo del agua y establecer relaciones con fenómenos reales.

Un conocimiento profundo del dinamismo, de las relaciones, del sistema, permite interpretar situaciones, naturales y antropogénicas, como pueden ser los efectos de inundaciones y sequías o las consecuencias de la tala de bosques en el ciclo del agua, así como comprender en profundidad fenómenos observados en la maqueta, como los efectos de la sobreexplotación de los acuíferos o la relación entre la contaminación del suelo y la de las aguas subterráneas y superficiales. (Nebot, & Márquez, 2014, p.23)

Las actividades serán en algunos casos individuales y en otros casos grupales.

Al final de la propuesta, se ha incluido una serie de actividades dirigidas en este caso a alumnos con altas capacidades de forma que puedan realizarlas de forma individual y sin necesidad de la ayuda del profesor. De esta forma se busca que no se aburran durante el transcurso de la secuencia. Dichas actividades, comprendidas entre la A.34 y A.42. son complementarias a las actividades A.25 hasta A.32. por lo que se podrán ir realizando de forma flexible, o bien al final de la sesión o bien a medida que se va trabajando cada uno de los contenidos.

4. EVALUACIÓN INTERNA DE LA PROPUESTA.

4.1. Evaluación realizada durante la actividad intensiva.

En mi opinión el grado de aprendizaje conseguido por un alumno no se puede evaluar sólo realizando una prueba escrita final. Creo que el profesor debe seguir la evolución del alumno a lo largo del año para comprobar realmente los conocimientos adquiridos y los obstáculos que se ha podido ir encontrando.

La evaluación en la metodología indagadora se encuentra implícita a lo largo de toda la secuencia de actividades, y se centra en las competencias y destrezas que alcanzan los estudiantes. Es decir, no sólo en los conocimientos adquiridos, sino en las habilidades que pueden ir desarrollando como la expresión escrita u oral. Así mismo, también es importante conocer las formas de analizar ideas que tienen los alumnos y cómo las relacionan con fenómenos naturales o con otros conocimientos.

Quizá el mejor instrumento para recoger toda esta información sean las rúbricas que especifiquen las habilidades que se pretende evaluar en los alumnos. Además de lo que observe el profesor en el día a día, es interesante observar los cuadernos de trabajo así como los trabajos elaborados en grupo o individualmente.

Como se ha comentado con anterioridad, en la intervención intensiva no se pudo poner en práctica una secuencia de indagación en cada una de las sesiones. Por lo tanto, a continuación pasamos a analizar los resultados obtenidos a lo largo de todas las sesiones comparándolos con los obtenidos en la secuencia impartida mediante indagación (secuencia nº3 “aguas subterráneas”).

Para la evaluación de los conocimientos adquiridos por los alumnos, se han utilizado distintos tipos de actividades, muchas de las cuales han servido al mismo tiempo como actividades de aprendizaje:

- Preguntas orales a lo largo de las distintas sesiones.
- Intervenciones en clase por parte de los alumnos.
- Observación del cuaderno de trabajo en las que los alumnos han ido realizando actividades en clase.

- Realización de resúmenes en clase.
- Resultado del kahoot.
- Lectura de noticias relacionadas con los contenidos impartidos para comprobar el nivel de comprensión.
- Pruebas escritas.
- Además se ha valorado positivamente la participación en clase y el buen comportamiento.

A continuación se incluyen los resultados de los cuestionarios realizados en cada una de las sesiones. Se muestra a continuación un cuestionario tipo en el que, cómo se puede observar, en la parte de la izquierda se recoge la puntuación considerada por los alumnos en cuanto a los conocimientos concretos que se van especificando en el cuestionario, antes y después del tema. De esta forma se pretende conocer qué se ha conseguido realmente en cada actividad y qué aprendizajes se han obtenido. La valoración se realiza de 1 a 5, de menor a mayor comprensión.

Cuestionario de emociones.

Actividad de reflexión y autorregulación del aprendizaje y emociones

El sentido de esta actividad es reflexionar sobre lo que hemos aprendido y sentido a lo largo de la sesión, evaluar ese aprendizaje y regular el proceso de enseñanza y aprendizaje que estamos haciendo:

1 No sé nada 2 Sé un poco 3 Lo sé bien 4 Lo sé muy bien 5 Puedo explicárselo a un amigo/a
 Valora en una escala de 1 a 5 lo que has aprendido sobre cada uno de los siguientes aspectos.

Antes del tema 1 2 3 4 5	Conocimiento sobre...	Después del tema 1 2 3 4 5	Emociones sentidas en cada aspecto				
			Indica cómo te sentías mientras estabas realizando cada proceso y la causa por la que lo has vivido.				
	Cómo se originan las aguas subterráneas (por la infiltración)		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Aburrimiento <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	
	Cómo se forma un acuífero (El agua subterránea desciende hasta alcanzar una capa de roca impermeable)		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Aburrimiento <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	
	Cómo varía el nivel freático (si hay más recarga sube el nivel freático)		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Aburrimiento <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	
	Influencia de la acción humana (sobrexplotación de acuíferos)		<input type="checkbox"/> Rechazo <input type="checkbox"/> Confianza Porque...	<input type="checkbox"/> Aburrimiento <input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Concentración <input type="checkbox"/> Inseguridad <input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Interés <input type="checkbox"/> Vergüenza	

Ilustración 2 Ejemplo de cuestionario

Fuente: Elaboración propia

Estos cuestionarios se hicieron de forma individual y anónima. Como se ha comentado anteriormente, el grupo era reducido y solían faltar alumnos en cada sesión. Se ha realizado una media de los resultados obtenidos.

Como se puede observar a continuación, los resultados son similares en todas las sesiones a excepción de la última, debido principalmente a que se tuvo que impartir de forma muy rápida y sin poder profundizar en los contenidos. En cuanto a la tercera sesión (aguas subterráneas), obtiene la mejor puntuación aunque, por lo que recogen los cuestionarios, partían de un mayor conocimiento previo

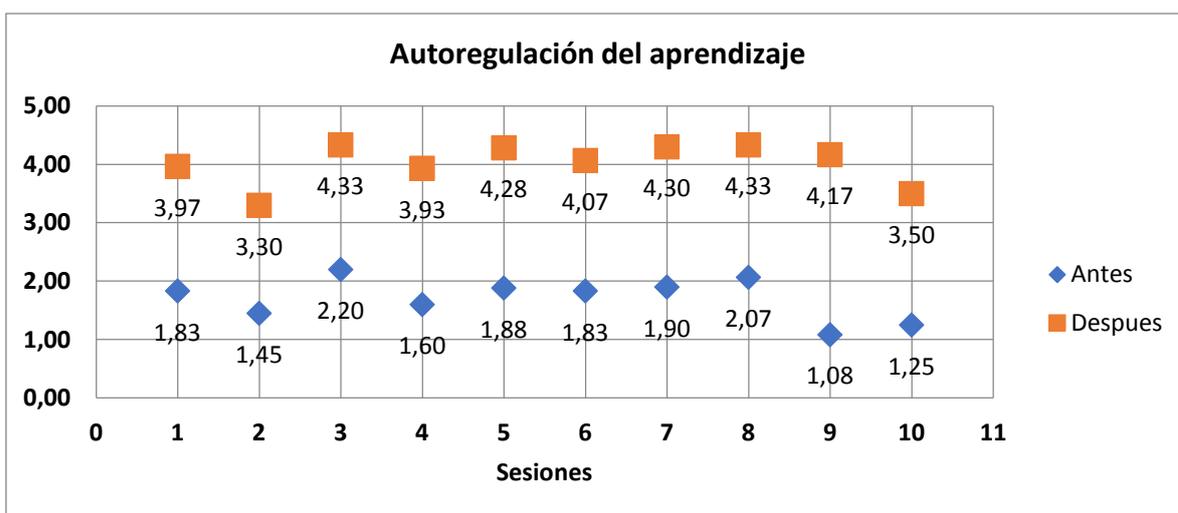


Ilustración 3 Autoregulación del aprendizaje

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se incluyen los resultados de las dos pruebas escritas realizadas los días 24 y 28 de abril. En general los resultados han sido satisfactorios ya que a pesar de que los alumnos no han dedicado mucho tiempo a estudiar en casa, lo aprendido en clase les ha sido suficiente para aprobar en la mayoría de los casos. De hecho, coincide que los alumnos que han suspendido no pudieron asistir a todas las clases. Es cierto que la segunda prueba escrita resultó ser bastante sencilla por lo que los resultados han sido especialmente buenos.

	Prueba 1	Prueba 2
Alumno 1	6	7,3
Alumno 2	5,9	4,2
Alumno 3	5	8
Alumno 4	3,75	7
Alumno 5	6,5	5,2
Alumno 6	-	7,2
Alumno 7	-	-

Tabla 1 Resultados de las pruebas

Fuente: Elaboración propia

En concreto, analizando los resultados correspondientes a la secuencia 3 de “aguas subterráneas”, llama la atención los malos resultados obtenidos. Se ha realizado la media ponderada de los resultados obtenidos por los alumnos en las dos pruebas escritas mencionadas anteriormente. Los datos recogidos en el siguiente gráfico son sobre 1 punto cada sesión. Por lo tanto, la sesión de aguas subterráneas ha obtenido 0,40 sobre 1 punto. En cualquier caso, teniendo en cuenta el bajo número de alumnos en clase (del orden de 5 o 6 alumnos por sesión) es posible que los resultados no sean del todo representativos.

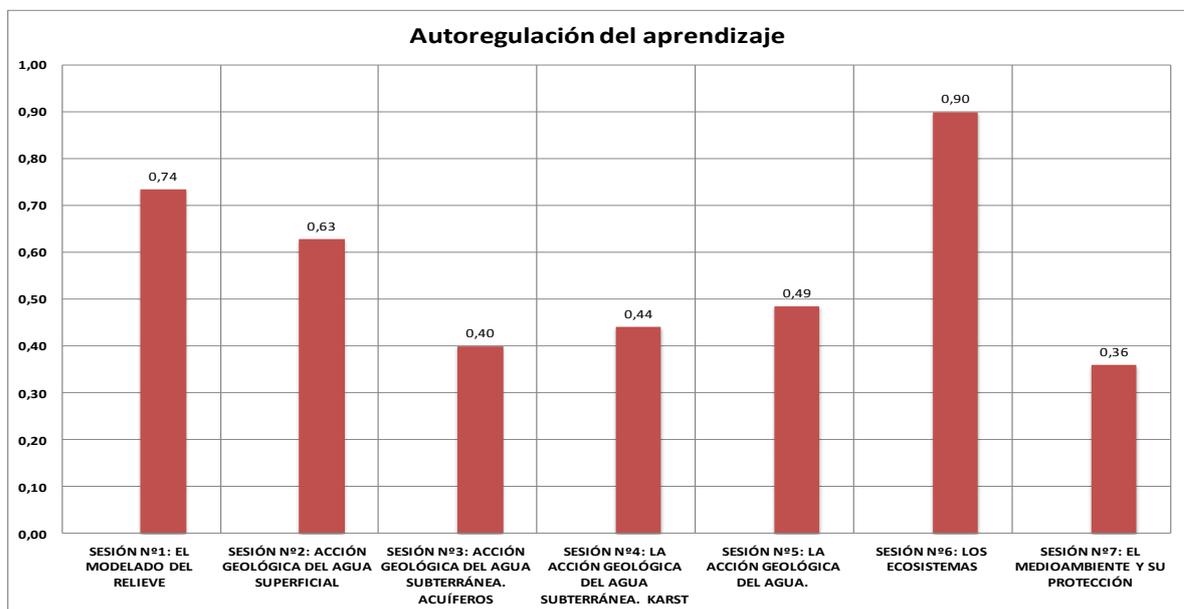


Ilustración 4 Autoregulación del aprendizaje

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las actividades tipo realizadas a lo largo de las siete sesiones, y que se recogen en el apartado 2.8. “descripción de la secuencia de actividades”, se muestra a continuación el resultado de otra encuesta en la que se preguntaba por las actividades que resultaban más útiles para el aprendizaje. En este caso, puntúan a la metodología de indagación con la nota más alta junto con el uso de simuladores y las actividades del libro.

Cuestionario de emociones.

Actividad de reflexión y autorregulación del aprendizaje y emociones

1 Totalmente en desacuerdo 5 Totalmente de acuerdo

Me ha gustado 1 2 3 4 5	Metodología	He aprendido					Emociones sentidas en cada aspecto			
		1	2	3	4	5	<input type="checkbox"/> Rechazo	<input type="checkbox"/> Concentración	<input type="checkbox"/> Inseguridad	<input type="checkbox"/> Interés
	Videos						<input type="checkbox"/> Aburrimiento	<input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Vergüenza
	Preguntas hojas de prácticas						<input type="checkbox"/> Confiianza	<input type="checkbox"/> Porque...	<input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Vergüenza
	Actividades hojas de prácticas						<input type="checkbox"/> Rechazo	<input type="checkbox"/> Concentración	<input type="checkbox"/> Inseguridad	<input type="checkbox"/> Interés
	Google Earth						<input type="checkbox"/> Aburrimiento	<input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Vergüenza
	Simuladores						<input type="checkbox"/> Rechazo	<input type="checkbox"/> Concentración	<input type="checkbox"/> Inseguridad	<input type="checkbox"/> Interés
	Modelo indagación (acuífero)						<input type="checkbox"/> Aburrimiento	<input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Vergüenza
	Ejercicios del libro						<input type="checkbox"/> Rechazo	<input type="checkbox"/> Concentración	<input type="checkbox"/> Inseguridad	<input type="checkbox"/> Interés
							<input type="checkbox"/> Aburrimiento	<input type="checkbox"/> Satisfacción	<input type="checkbox"/> Insatisfacción	<input type="checkbox"/> Vergüenza

Ilustración 5 Cuestionario actividades tipo

Fuente: Elaboración propia

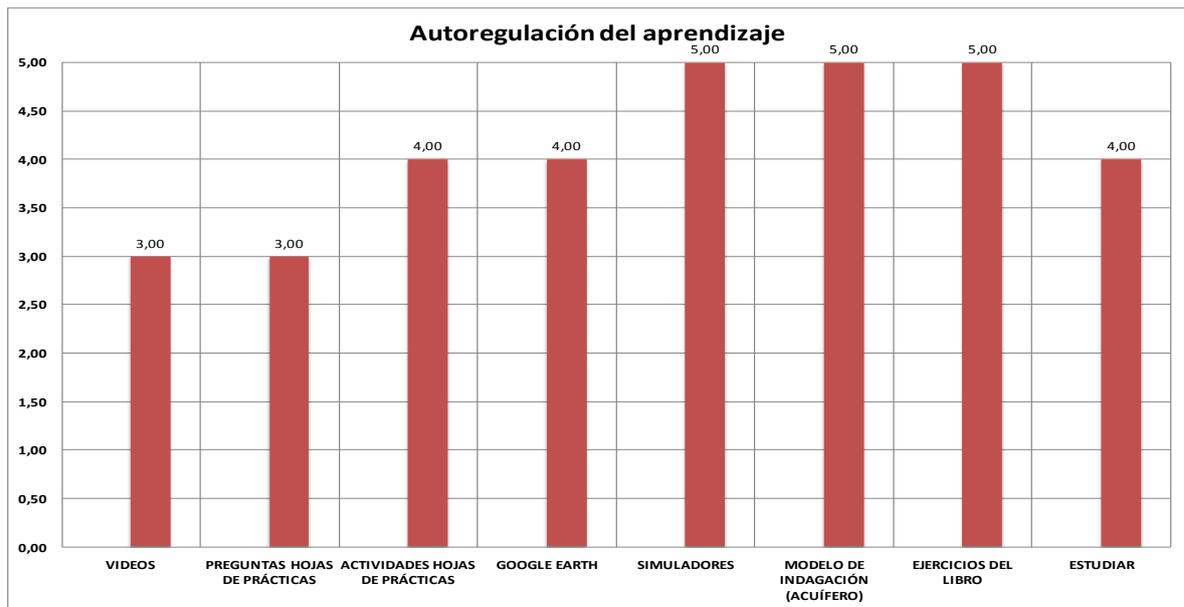


Ilustración 6 Autoregulación del aprendizaje

Fuente: Elaboración propia

Como he comentado antes, al terminar cada sesión los alumnos hacían de forma anónima una serie de cuestionarios con el objeto de comprobar si habían entendido los conocimientos más importantes que se pretendía y por otro lado para conocer las emociones sentidas durante las distintas sesiones. Los resultados de los cuestionarios se muestran a continuación.

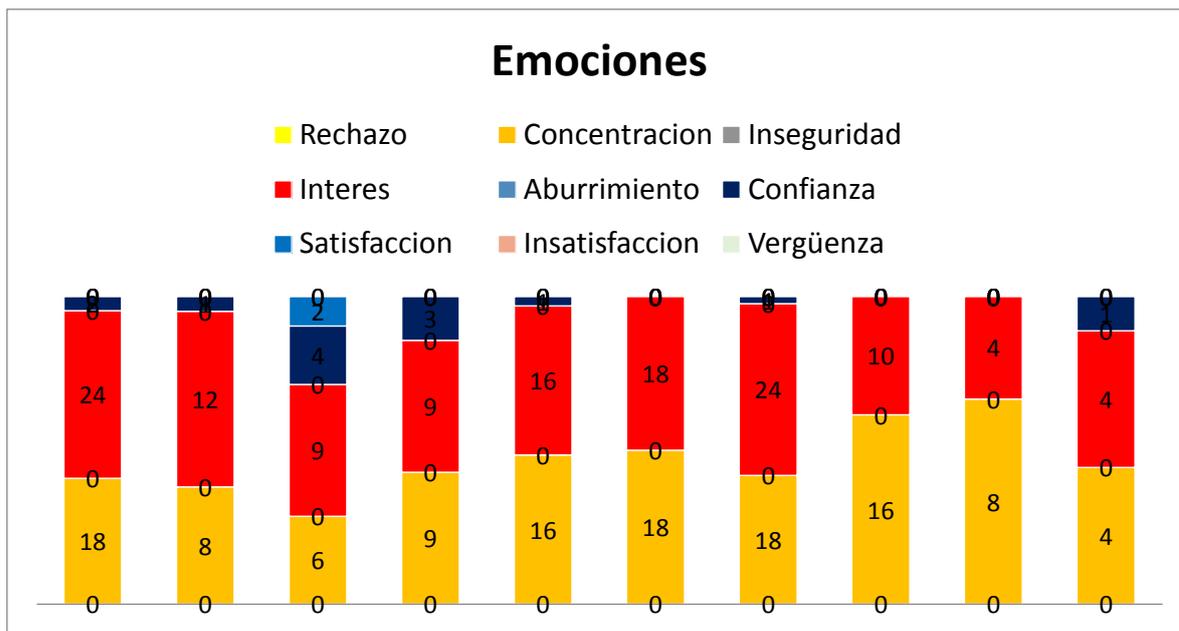


Ilustración 7 Emociones
Fuente: Elaboración propia

En general, a lo largo de todas las sesiones las emociones experimentadas por los alumnos han sido: interés, concentración y confianza. Quería destacar que en el caso de la sesión nº3, aparece una nueva emoción: satisfacción.

4.2. Evaluación interna de la propuesta de actividades.

A continuación se realiza la evaluación interna de la propuesta didáctica. Para ello se utiliza el cuestionario recogido en el Trabajo Fin de Máster de E. Castro denominado “Diseño y aplicación de un cuestionario para el análisis del contenido de secuencias de enseñanza IBSE” elaborado dentro del Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas, de la Universidad de Almería en 2015, así como en el trabajo de la alumna S. Fuentes denominado “Propuesta didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la tectónica de placas basada en indagación” elaborado en el mismo Máster durante el curso 2015/2016.

Mediante este cuestionario se comprueba si la propuesta de actividades recogidas en el presente trabajo cuenta con las características del enfoque IBSE (Inquiry Based Science Education). Estas características se encuentran en el apartado 1.4. “Elementos

para el diseño de secuencias de enseñanza” recogidas en el artículo de Martínez Chico, M., Jiménez Liso, M.R. y López-Gay, R. (2015) denominado “Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros” publicado en la Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. (p.151).

Al presentarse tres secuencias de actividades en el presente trabajo (ciclo del agua, aguas subterráneas y aguas superficiales), se ha realizado el análisis únicamente para la tercera sesión.

1. Sobre el planteamiento de preguntas o problemas:

- ¿Hay una pregunta o problema que los estudiantes se apropiaran? ¿Cuál es? ¿Qué actividades están dedicadas a ello? Sí, el profesor plantea una pregunta en la actividad A.22. que engloba los contenidos que se trabajan a lo largo de la secuencia denominada “aguas superficiales”, en concreto los factores que influyen en el aumento de caudal de un cauce y por lo tanto en el riesgo de inundación. De esta forma el alumno se enfrenta a cuestiones científicas sobre fenómenos naturales cuya respuesta puede ser confirmada o rechazada mediante pruebas.
- ¿Esta pregunta da lugar a sub-preguntas? Sí, en la pregunta siguiente A.23. se hace otra pregunta con el objetivo de que, además de que reflexionen sobre los factores anteriores, se preste especial atención a la influencia de la deforestación.
- ¿Hay una primera toma de contacto con la pregunta para poder empezar a familiarizarse con el problema? Sí, en la actividad A.22. se muestra un ciclo del agua que incluye los factores que se van a trabajar a lo largo de la secuencia. Los alumnos, viendo la imagen, deben intentar llegar a sus propias hipótesis.

2. Sobre la emisión de hipótesis:

- ¿Los alumnos pueden aportar sus propias respuestas a esa pregunta? ¿Qué actividades están dedicadas a ello? Sí, en la actividad A.22 los alumnos proponen sus propias hipótesis, es decir formulan explicaciones justificadas.

Además, a lo largo de la secuencia se trabajan preguntas de forma que puedan ir profundizando en cada contenido objeto de la secuencia.

- ¿Tienen que justificar sus respuestas? Sí, las hipótesis siempre deben justificarse. En concreto en la A. 22. primero se trabaja de forma individual para a continuación realizar una puesta en común en la que cada miembro del grupo comente su hipótesis.
- ¿Comunican e intercambian esas ideas con el grupo? Sí, en las actividades grupales se fomenta el intercambio de ideas entre los miembros del grupo así como con el resto de los grupos.
- ¿Concluyen en una respuesta en común o cada grupo puede tener una hipótesis distinta? Cada alumno o cada grupo puede llegar a su propia hipótesis.

3. Sobre la búsqueda de pruebas:

- ¿Se buscan pruebas para confirmar o rechazar ideas? Sí, mediante los modelos realizados por ellos mismos buscan pruebas que les permiten contrastar las explicaciones. ¿Qué actividades están dedicadas a ello? Las actividades comprendidas entre la A.26 y A.30.
- ¿Estas pruebas se obtienen mediante un diseño experimental o por ejemplo mediante búsqueda de información? En este caso las pruebas se obtienen mediante un diseño experimental.
- ¿Quién diseña el experimento para la búsqueda de datos? Los alumnos realizan el diseño, aunque siempre con la intervención del profesor en caso de que sea necesario ¿Se discute sobre el diseño antes de llevarlo a cabo? Sí, incluso los alumnos deben describir la propuesta del modelo con el objeto de clarificar dudas ¿Qué actividades están dedicadas a ello? Entre la actividad A.26 y A.30.
- ¿Se debaten antes de llevar a cabo el experimento los resultados que se tienen pensados obtener atendiendo a la hipótesis planteada? ¿Qué actividades están dedicadas a ello? Sí, A.26 y A.30.

4. Sobre el análisis de resultados:

- ¿Recogen, analizan e interpretan resultados? ¿Se ponen en común? ¿Qué actividades están dedicadas a ello? ¿Se presentan unas conclusiones? Sí, una vez realizado el experimento, los alumnos deberán anotar los datos obtenidos y obtener una conclusión sobre la validez de su hipótesis. Deberán comentar los resultados a sus compañeros, de esta forma los alumnos podrán comparar e intercambiar resultados con el resto de los compañeros mejorando la validez del modelo. En general, esto se realiza entre las actividades A.26 y A.30.

5. Sobre la construcción de grandes ideas:

- ¿Se recopilan las ideas y se amplían para presentar un modelo “científico” que permita explicar el fenómeno estudiado y ampliarlo a otros casos? Sí, a lo largo de la secuencia se recopilan ideas y se van ampliando mediante preguntas sucesivas. Por otro lado, al comunicar e intercambiar ideas se consideran explicaciones alternativas a las propias, construyendo de esta forma un conocimiento crítico.

6. Sobre la continuación de la indagación:

- ¿Se inicia otro ciclo de indagación para poner a prueba el modelo (predicciones)? Sí, a lo largo de la secuencia se realizan actividades en las que se trabajan sobre predicciones que se tienen que ir contrastando y que permiten mejorar el modelo.

5. VALORACIÓN FINAL Y CONCLUSIONES.

El presente Trabajo Fin de Máster es fruto de los conocimientos adquiridos a lo largo del Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas, de la Universidad de Almería (Curso 2016/2017), en especial de la asignatura de Aprendizaje y Enseñanza de la Biología y Geología del módulo específico de máster, así como de la experiencia vivida durante la fase de prácticas.

A lo largo de esta experiencia, he podido confirmar la idea de que el profesor no debe ser un mero transmisor de información, sino que debe guiar al alumno hacia el conocimiento y que para eso es conveniente utilizar estrategias innovadoras. Las clases magistrales han quedado obsoletas y deben adaptarse a la sociedad de información y de las tecnologías de la información y la comunicación (tics).

El uso de metodologías innovadoras en el aula no resulta especialmente difícil, aunque sí requiere un trabajo previo de preparación por parte del profesor, mayor al que puede ser necesario para una clase tradicional.

La propuesta didáctica recogida en el presente Trabajo Fin de Máster se fundamenta en la metodología de indagación como herramienta para el proceso de aprendizaje significativo de las ciencias. Esta metodología se fundamenta en la curiosidad del alumno por conocer el mundo que le rodea, por lo que el profesor aprovecha este interés innato para guiarlos hacia el conocimiento con fundamento científico.

El hecho de utilizar este tipo de estrategias no implica el éxito en todos los grupos en los que se ponga en práctica, existen muchos factores que pueden influir. Por ello considero que es fundamental el trabajo cooperativo entre profesores de forma que las propuestas didácticas se compartan y adapten a las necesidades de cada grupo o incluso de cada alumno, en este último caso para dar respuesta a la atención a la diversidad del alumnado.

Finalmente me gustaría terminar el presente trabajo con la siguiente frase de Paulo Freire: “Enseñar no es transferir conocimiento, sino crear posibilidades para su producción o creación”.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Bach, J., & Brusi, D. (1988). Reflexiones y recursos sobre la didáctica del ciclo del agua. *Henares, Revista De Geología*, 2, 223-232.
- Caamaño, A., (2014). Indagar y modelizar en contextos. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 5-6.
- Caamaño, A., & López-Gay, R., (2017). Emilio Pedrinaci: In memoriam. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 4-6.
- Castro, A., Fernández, A., Francés, I., Gisbert, J., & Jorreto, S. (2010). Río Andarax. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía
- Castro, E. (2015). Diseño y aplicación de un cuestionario para el análisis del contenido de secuencias de enseñanza IBSE. Trabajo Fin de Máster del Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas (Director: Rafael López-Gay). Universidad de Almería.
- Castro, M., & Gracia Santos, J. (2017). Modelo a escala reducida del funcionamiento de acuíferos. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 2(1), 272-278.
- Cerrillo, M., Jorreto, S., López, M.D., Martínez, M., & Usero, S., (2010). Unidad didáctica acuíferos poniente Almería. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Cuéllar, Z. (2009). Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia. *Revista Iberoamericana De Educación*, 50(2), 1-10.
- De la Chaussé, M.E. (2009). Las estrategias argumentativas en la enseñanza y el aprendizaje de la química, *Educación Química*, 20(2), pp. 132-144.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pp. 3-15.
- Fuentes, S., (2016). Propuesta didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la tectónica de placas basada en indagación. Trabajo Fin de Máster del Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de

- Idiomas (Director: María Martínez Chico y Rafael López-Gay). Universidad de Almería.
- Furió, C., Solbes, J., & Carrascosa, J. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. *Revista Alambique*, 48, 64-77.
- Gilbert, J.K. (2004): «Models and modeling: routes for a more authentic science education». *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 2, pp. 115-130.
- Jiménez, M. (1998). Diseño curricular: Indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 16(2), 203-216.
- Lemke, J.L. (2013). Aprender a hablar ciencia. Barcelona: *Ediciones Paidós Ibérica, S.A.*
- López-Gay, R., (2017). Una revisión bibliográfica de la obra de Emilio Pedrinaci. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 36-47.
- Márquez, C., & Bach, J. (2007). Una propuesta de análisis de las representaciones de los alumnos sobre el ciclo del agua. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 15, 280-286.
- Márquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: El ciclo del agua. *Enseñanza De Las Ciencias*, 21(3), 371-386.
- Martínez Chico, M., Jiménez Liso, M.R. y López-Gay, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12, 149-166.
- Martín-Díaz, M. (2013). Hablar ciencia: si no lo puedo explicar, no lo entiendo. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 10(3), 291-306.
- Martín, M. (2017). El ciclo del agua. Universidad Complutense de Madrid Facultad de Educación - Dpto. Didáctica de las Ciencias experimentales. Recuperado de https://pendientedemigracion.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/esc_sub_infiltracion.html
- MEDC (2015), Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. (BOE núm 3 de enero de 2015).

- National Research Council (1996). National Science Education Standards. *Washington DC: National Academy Press.*
- Nebot, M., & Márquez Bargalló, C. (2014). El ciclo del agua en el laboratorio: Una propuesta de modelización. *Alambique Didáctica De Las Ciencias Experimentales*, 77, 17-34.
- Nebot, M. (2007). El ciclo del agua en una garrafa. *Enseñanza de las ciencias de la tierra*, 15, 333-340.
- Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. (BOE núm 60 de marzo de 2016).
- Paulo, F. (2006). Pedagogía de la autonomía. Editorial Siglo XXI.
- Pedrinaci, E. (2012). Alfabetización en Ciencias de la Tierra, una propuesta necesaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 133-140.
- Pérez, J., Ortuño, N., & Albañana, A. (2016). Programa de mejora de ESO. "Ámbito científico-matemático" nivel II. Grupo editorial Bruño, S.L., 165.
- Pozo, J. I., & Gómez, M. A. (2001): Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Ediciones Morata.
- Reyero Cortiña, C., Calvo, M., Vidal, M., García García, E., & Morcillo Ortega, J. (2007). Las ilustraciones del ciclo del agua en los textos de Educación Primaria. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 15, 287-294.
- Santamaría, J., & Parrilla, A. (1999). Máximas lluvias diarias en la España Peninsular. Ministerio de Fomento Dirección General de Carreteras.

7. ANEXO.

7.1. Propuesta didáctica.

7.1.1. Secuencia de actividades.

La presente propuesta didáctica se ha estructurado en tres partes:

- Ciclo del agua.
- Aguas subterráneas.
- Aguas superficiales.

A continuación se muestra la secuencia elaborada en la que en cada actividad se han incluido comentarios con la finalidad de aportar información sobre los objetivos de esa actividad, cómo se puede desarrollar, explicaciones sobre los conceptos trabajados, así como una introducción a las siguientes actividades.

En la propuesta didáctica se han previsto una serie de actividades opcionales que podrán introducirse en las secuencias para ayudar a clarificar dudas que les puedan ir surgiendo a los alumnos. Se podrá optar por unas u otras actividades en función del nivel de grupo o bien del ritmo de aprendizaje de los estudiantes. Mediante esta propuesta educativa flexible se pretende también dar respuesta a la atención a la diversidad del alumnado.

7.1.1.1. Ciclo del agua.

Con estas actividades se pretende conseguir una visión global del ciclo integral del agua, incidiendo en las concepciones alternativas de los estudiantes.

En la secuencia se va a desarrollar mediante el uso de un modelo que consiste en dibujar el ciclo del agua. En un primer momento serán los alumnos los que elaboren su modelo de forma que puedan descubrir sus propias concepciones alternativas. Las actividades se irán desarrollando de forma guiada por el profesor para que los conocimientos se vayan asentando mediante una estructura lógica y ordenada. El conocimiento de las ideas previas es esencial para alcanzar un aprendizaje significativo.

Algunas actividades proceden de las siguientes fuentes y se han adaptado a los objetivos previstos en esta primera sesión:

- Márquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: El ciclo del agua. *Enseñanza De Las Ciencias*, 21(3), 371-386.
- Presentación elaborada por los profesores de la asignatura Aprendizaje y Enseñanza de Biología y Geología (Curso 2016/2017). María Rut Jiménez Liso, María Martínez Chico y Rafael López Gay Lucio Villegas. Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas, de la Universidad de Almería

A continuación se proponen las siguientes actividades:

A.1. De manera individual, dibujar el ciclo del agua indicando los distintos procesos que existen. Una vez hecho subid vuestros dibujos a la aplicación Padlet.

Objetivo: Esta primera actividad se ha previsto principalmente para conocer las concepciones alternativas que puedan tener los alumnos sobre este tema.

Comentario: La aplicación Padlet es una herramienta colaborativa donde profesor y alumno pueden trabajar al mismo tiempo, y dentro de un mismo entorno. Se puede descargar en el siguiente link:

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wallwisher.Padlet&hl=es_419

Desarrollo de la actividad: Se realiza de forma individual haciendo uso de sus propias ideas y conocimientos.

A.2. A continuación, por grupos, elegid una de las propuestas e intentad interpretar lo que vuestro compañero ha querido poner de manifiesto.

¿Coincide con lo que tú has dibujado? ¿En qué se diferencia?

Comentario: En esta actividad comienza con una puesta en común sobre la interpretación que cada alumno del grupo hace de la propuesta de ciclo de agua elegida. Con esta actividad se pretende que los alumnos tengan una actitud crítica y participativa lo que permite estructurar sus ideas. Después de la discusión se

llega a una respuesta consensuada. En el caso de no llegar a un acuerdo, los alumnos pueden proponer sus propias

A.3. A continuación el profesor formula una serie de preguntas que los alumnos deben trabajar en grupo y proponer su hipótesis:

Vuestro ciclo del agua: ¿Para qué sirve? ¿Qué explica?

¿Alguna vez has visto un río? ¿Dónde? ¿Cómo se llama? ¿Cuándo estuviste en el río estaba lloviendo?

¿Cómo es posible que un río lleve agua si no está lloviendo?

¿Cómo puede subir el agua del mar hasta las fuentes de arriba de las montañas?

¿Por qué sale agua de una fuente natural?

¿Qué distintas procedencias tiene el agua que lleva un río?

Desarrollo de la actividad: Los alumnos tendrán libertad a la hora de elegir grupo. A cada grupo se le asignará una pregunta la cual tendrán que trabajar siguiendo el siguiente esquema:

- Elaboración de hipótesis: Cada miembro del grupo deberá proponer una hipótesis inicial que dé respuesta a la pregunta asignada a cada grupo. Para ello deberá escribir su hipótesis inicial haciendo de momento sólo uso de sus propias ideas y conocimientos.
- Búsqueda de información: Cada grupo podrá buscar información haciendo uso de los recursos que consideren necesarios: libro de texto, internet, revistas científicas....
- Puesta en común dentro del grupo: Cada componente de grupo expondrá al resto de compañeros las ideas principales obtenidas como conclusión a la pregunta asignada.

Objetivos de la actividad:

- Conocer las ideas previas (concepciones alternativas) de los estudiantes en relación al ciclo del agua.
- Lo que se pretende con esta actividad es que utilicen su modelo (dibujo) para responder a las preguntas, de esta forma pueden evaluar sus distintos modelos para buscar el más completo.
- Los alumnos contrastarán las ideas iniciales que tenían (hipótesis inicial) y las ideas que han adquirido después de un estudio más en profundidad (hipótesis final). Para ello es importante que mediten y razonen sus hipótesis. El hecho de interactuar con el resto de los compañeros, explicándoles sus ideas, da lugar a que se cuestionen dichas hipótesis.
- Mediante el trabajo en grupo se fomenta la cohesión grupal, así como el desarrollo de habilidades como expresión escrita y expresión oral.
- A lo largo de la actividad el profesor podrá detectar aquellos contenidos o conceptos que presentan mayor dificultad de comprensión por parte de los alumnos.
- Por otro lado, los alumnos podrán ir mejorando las respuestas a sus preguntas a medida que vayan realizando las actividades recogidas en la presente propuesta secuencia. Por ejemplo en la actividad A.5 se analiza el recorrido del agua en el ciclo del agua, en la A.10 se trabaja la procedencia del agua de los ríos, en la actividad A.11 cómo se forma un manantial o fuente natural, etc.

A.4. ¿Qué deberíamos entonces incluir en nuestro dibujo para poder responder a las preguntas?

Comentario: Con esta actividad los alumnos comienzan a mejorar sus modelos, a modificarlos para hacerlos más potentes y útiles. Esta actividad es individual pero puede hacerse una puesta en común al finalizar.

A.5. A continuación vamos a trabajar en grupos:

- a) Cada miembro del grupo deberá explicar a los demás cual es su hipótesis que sirva para dar respuesta a las preguntas formuladas en el punto A3.
- b) Esta actividad consiste en localizar y representar en el diagrama todos los lugares donde se puede encontrar agua en la naturaleza, en estado líquido, sólido y gaseoso y a continuación identificar y representar los procesos que se producen en el ciclo del agua. Para ello, analizar:

Componentes espaciales: ¿Dónde hay agua?

Componentes dinámicos: ¿Qué procesos intervienen?

Funcionamiento del sistema: Causas de los cambios, particularidades.

- c) A continuación, intentad llegar a un consenso y proponed una hipótesis por grupo. En el caso de que no se llegue a ningún acuerdo, se pueden plantear varias hipótesis.
- d) ¿Qué deberíamos entonces incluir en nuestro dibujo para poder responder a las preguntas.

Comentario: El objetivo de esta actividad, entre otras cosas, es que el alumno sea consciente de que el agua no solo se evapora en el mar y que no sólo llueve en las montañas.

Así mismo, mediante la actividad d) el alumno puede completar y mejorar su modelo.

Fuente: Esta actividad se basa en el siguiente artículo, adaptándola en función de los objetivos buscados.

- Márquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: El ciclo del agua. *Enseñanza De Las Ciencias*, 21(3), 371-386.

A.6. Una vez identificados los almacenes y cambios en el ciclo del agua, se introduce un nuevo tema de reflexión: ¿Por qué se habla de ciclo del agua?

Desarrollo de la actividad: Se puede sugerir al alumno que repase su diagrama (modelo) y que observe los distintos recorridos del agua desde que sale del

almacén hasta que vuelve al mismo punto. De esta forma pueden llegar a configurar un círculo.

Objetivo: Con esta actividad se pretende que el alumno tome conciencia de la gran variedad de recorridos que puede seguir el agua.

7.1.1.2. Aguas subterráneas.

La metodología de esta secuencia se basa en la realización de un modelo de acuífero, a realizar entre los alumnos y el profesor, y la realización de una serie de actividades de forma que el alumno vaya adquiriendo conocimientos sobre fenómenos relacionados con las “aguas subterráneas”. Se irán intercalando algunos modelos sencillos que realizará el propio alumno cuando se quiera trabajar algún concepto concreto, los cuales se irán completando aumentando de esta forma su validez.

Las concepciones alternativas se han trabajado en la primera secuencia denominada “ciclo del agua”. A lo largo de la secuencia se van planteando preguntas relacionadas con el concepto o fenómeno a trabajar en cada actividad. Además, se han incluido entre paréntesis las respuestas a estas preguntas.

Algunas actividades se han elaborado a partir de los modelos recogidos en los siguientes artículos:

- Castro, M., & Gracia Santos, J. (2017). Modelo a escala reducida del funcionamiento de acuíferos. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 2(1), 272-278.
- Calvo, M., Reyero, C., Vidal, M., Morcillo, J., & García, E. (2007). El trabajo con modelos en aguas subterráneas. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 15, 341-347.
- Nebot, M. (2007). El ciclo del agua en una garrafa. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15, 333-340.
- Nebot, M., & Márquez Bargalló, C. (2014). El ciclo del agua en el laboratorio: Una propuesta de modelización. *Alambique Didáctica De Las Ciencias Experimentales*, 77, 17-34.

Las actividades recogidas en la presente secuencia se realizan en general en grupo. En algunos casos, se puede dejar un tiempo para que los alumnos mediten las respuestas de forma individual para a continuación realizar una puesta en común en la que cada miembro del grupo comente su idea.

El desarrollo de la siguiente secuencia se puede llevar a cabo de la siguiente manera:

A.7. Para explicar y predecir necesitamos un modelo. Tenemos una serie de materiales con los que vamos a representar un modelo de aguas subterráneas.

- a) ¿La arcilla representa un material permeable o impermeable? (Impermeable)
- b) ¿La grava representa un material permeable o impermeable? (Permeable)

Vamos a ir creando un modelo sencillo en el que vamos a simular la formación de un acuífero.

- c) Si queremos que se forme un acuífero ¿Qué características de permeabilidad deben tener los distintos estratos? (Debe de haber un estrato impermeable inferior y un estrato permeable en el que se acumulará el agua).
- d) ¿Qué capa deberíamos echar primero? ¿Y cuál después?
 - Primero una capa impermeable como la arcilla y luego una capa permeable como la grava.
 - Primero una capa permeable como la grava y luego una capa impermeable como la arcilla.
- e) Podéis probar a hacer las dos opciones y luego ir vertiendo agua para ver qué pasa. ¿Cuál de las dos opciones del apartado anterior es la adecuada para representar un acuífero? (La primera)
- f) ¿Qué pensáis que hay en los huecos de la grava antes de que se vaya echando el agua? (Aire).

Objetivos: Con una primera actividad se formulan preguntas básicas acerca de la permeabilidad de los suelos y su porosidad. En principio se trata de conceptos sencillos pero que es conveniente que tenga muy claros para poder comprender el resto de las actividades. Así mismo se empieza a introducir el

concepto de acuífero y se busca que conozcan la naturaleza de los materiales que constituyen un acuífero.

Desarrollo de la actividad: En esta actividad los alumnos pueden trabajar en grupo. En un primer momento no se les indicará el material concreto que deben usar. En caso de duda, el profesor les recomendará que usen un recipiente, que puede ser una garrafa de agua cortada por la mitad, grava y agua.

Propuesta de modelo:



Ilustración 8 Modelo acuífero

Fuente: Elaboración propia

A.8. A continuación, con la colaboración del profesor, vamos a hacer un modelo de aguas subterráneas un poco más complejo.

- a) Primero preparamos una plantilla con las distintas capas que van a constituir nuestro modelo. Para ello se puede utilizar papel de transparencias que se colocan a ambos lados del recipiente que servirán de guía para la construcción de las distintas capas del acuífero.

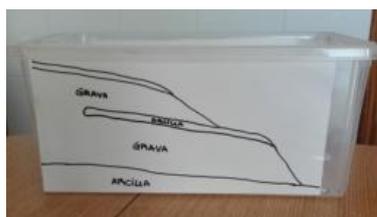


Ilustración 9 Colocación de plantilla

Fuente: Elaboración propia

- b) Practicar un orificio en la caja de plástico que nos permitirá desaguar el modelo cuando haya acabado la actividad. El orificio se realiza calentado la punta de un destornillador con la llama de un mechero. En él se inserta un tubo de plástico y se sella a la pared del recipiente con plastilina, pegamento o con cinta americana.



Ilustración 10 Desagüe del modelo

Fuente: Elaboración propia

- c) En el fondo de la caja se debe poner una capa de arcilla (capa impermeable)



Ilustración 11 Capa impermeable inferior

Fuente: Elaboración propia

- d) A continuación, se coloca una capa de grava disponiéndola en forma de ladera (capa permeable). Hasta aquí es un modelo similar al realizado en el apartado anterior.



Ilustración 12 Capa de grava inferior

Fuente: Elaboración propia

- e) Vamos a seguir trabajando en el modelo que utilizaremos a partir de la actividad A.14. Colocamos una nueva capa de arcilla que corresponde a una capa impermeable.



Ilustración 13 Capa de arcilla superior
Fuente: Elaboración propia

f) A continuación otra capa de grava (capa permeable).



Ilustración 14 Capas de grava superior
Fuente: Elaboración propia

Comentario: Se podría haber cubierto la parte superior con tierra limosa pero, con objeto de volver a utilizar el modelo, finalmente se ha optado por no hacerlo para evitar que se ensucie demasiado.

Fuente: El modelo de esta actividad se basa en uno similar recogido en el artículo siguiente, aunque se han introducido algunos elementos nuevos como el manantial:

- Calvo, M., Reyero, C., Vidal, M., Morcillo, J., & García, E. (2007). El trabajo con modelos en aguas subterráneas. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 15, 341-347.



Ilustración 15 Detalle de manantial
Fuente: Elaboración propia

A.9. Vamos a empezar a utilizar el modelo que hemos creado. En esta actividad nos vamos a centrar únicamente en los dos primeros estratos que hemos colocado (la capa de arcilla de abajo y la primera capa de grava). ¿Cómo podemos introducir la lluvia en nuestra maqueta?

Vamos a empezar vertiendo agua de modo lento y constante simulando una lluvia:

- ¿Cómo sería esta lluvia? ¿Torrencial o débil? (Débil)
- ¿Donde se queda el agua? (Se va infiltrando, no hay escorrentía)
- ¿Cómo se llama este proceso? (Infiltración)
- ¿Sólo llueve en las montañas? ¿Alguna vez habéis visto llover en la playa?

Comentarios: En este apartado se riega el modelo simulando la precipitación y se espera que los alumnos entiendan el concepto de infiltración y flujo subterráneo. Además, con la última pregunta se pretende que entiendan que las lluvias no se producen exclusivamente en las montañas, como se suele representar en los dibujos (o modelos) de ciclos del agua. Esta última idea se ha introducido también en la actividad A.5.

A.10. Conforme vamos añadiendo más agua se observa que ésta empieza a surgir en la zona más baja.

- Si seguimos echando agua en nuestro modelo, ¿Qué ocurre con el nivel de agua? (Va subiendo)
- ¿Sabes cómo se llama el nivel del agua? (Nivel freático)
- ¿Qué representa el charco que se forma? (Un lago o el mar)



Ilustración 16 Formación de lago

Fuente: Elaboración propia

d) Teniendo en cuenta nuestro modelo ¿Cómo es posible que un río lleve agua si no está lloviendo?

¿Cuáles son las distintas procedencias que tiene el agua de un río? (Fusión de la nieve, lluvia, aguas subterráneas).

- e) ¿Qué tiene que pasar para que suba el nivel de agua en el acuífero? (Que haya más recarga, es decir, que llueva más) ¿Qué ocurre en este caso con el nivel del río o lago? (Que sube su nivel también)
- f) ¿De qué están llenos los huecos entre la grava por debajo del nivel freático? (de agua) ¿Y por encima del nivel freático? (aire)

Fuente: Algunas preguntas formuladas en la presente actividad se basan en el artículo siguiente:

- Castro Encabo, M., & Gracia Santos, J. (2017). Modelo a escala reducida del funcionamiento de acuíferos. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 2(1), 272-278.

Comentarios: En primer lugar, con esta actividad se persigue que entiendan el concepto de nivel freático y cómo puede variar. También se pretende que vean cuáles pueden ser las distintas procedencias del agua de un río (fusión de la nieve, lluvia, aguas subterráneas).

A medida que se va regando el modelo se va formando un lago que también se puede interpretar como el remanso de un río.

Con las siguientes imágenes se persigue que los alumnos extrapolen lo que están viendo en los modelos a la realidad. En nuestro modelo hemos representado una parte de un lago. En la siguiente imagen se ha superpuesto nuestro modelo sobre un lago o embalse real.



Ilustración 17 Simulación de lago

Fuente: Elaboración propia

A continuación, con las siguientes imágenes se pretende que visualicen un valle fluvial.



Ilustración 18 Simulación de valle fluvial

Fuente: Elaboración propia

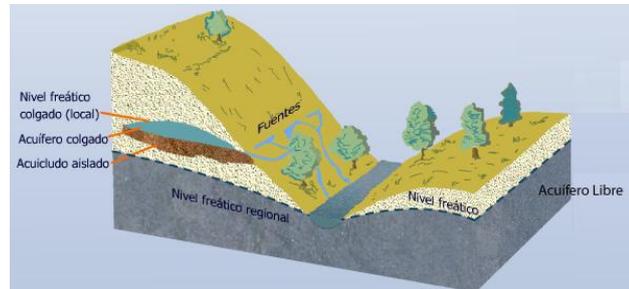


Ilustración 19 Valle fluvial

Fuente: (Martín, M., 2017)

https://pendientedemigracion.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/esc_sub_acuifero.html

(Opcional) Para terminar de visualizarlo, sería interesante realizar un modelo como el de la siguiente imagen, donde se ha representado un valle fluvial:

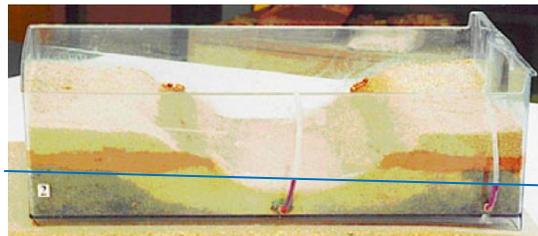


Ilustración 20 Modelo de valle fluvial

Fuente: (Calvo, M., Reyero, C., Vidal, M., Morcillo, J., & García, E., 2007, p.345).

Fuente: Esta última imagen se ha recogido del artículo denominado “El trabajo con modelos en aguas subterráneas” de los autores M., Reyero, C., Vidal, M., Morcillo, J., & García, E. (2007). Dicho artículo publicado en la revista enseñanza de las ciencias de la tierra explica cómo realizar el modelo.

A.11. Ahora vamos a trabajar con las dos últimas capas que hemos colocado en nuestro modelo. Hemos puesto dos tapones que representan dos núcleos urbanos. Vamos a suponer que está lloviendo.

- a) ¿Qué ocurre con el agua? (Está saliendo el agua por una abertura que hemos dejado en la capa de arcilla)



Ilustración 21 Modelo de manantial

Fuente: Elaboración propia

- b) ¿Cómo se llaman las zonas por donde sale el agua a la superficie? (Manantial)
- c) ¿Por qué sale agua de una fuente natural? Razona la respuesta.

Objetivo: Mediante el uso del modelo pueden ir dando respuesta a las cuestiones planteadas. El objetivo es que los estudiantes tengan una idea clara de qué son y de dónde provienen las aguas de manantiales y pozos. Sería interesante utilizar en esta actividad un colorante como permanganato potásico.

Fuente: Algunas preguntas formuladas en la presente actividad se basan en el artículo siguiente:

- Castro Encabo, M., & Gracia Santos, J. (2017). Modelo a escala reducida del funcionamiento de acuíferos. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 2(1), 272-278.

A.12. Observa la siguiente imagen, representa al río Andarax.

- a) ¿Qué similitudes observas con respecto a nuestro modelo? (El agua discurre de forma subterránea)
- b) En la imagen, ¿Qué tipo de material habrá debajo de la capa de agua subterránea? (Material impermeable)



Ilustración 22 Río Andarax

Fuente: Castro, A., Fernández, A., Francés, I., Gisbert, J., & Jorreto, S., 2010, p.1).

- c) Realiza un pequeño “modelo” en el que aparezca un pozo como el de la imagen anterior. Observa qué ocurre cuando se simula una precipitación.



Ilustración 23 Modelo de pozo

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Se introduce el concepto de pozo que se trabaja con más profundidad en la actividad siguiente.

- d) ¿Por qué el río Andarax es un río y no una rambla?

Comentario: Para dar respuesta a esta pregunta es conveniente observar ilustración 18 donde se observa cómo el agua discurre de forma subterránea. Por este motivo se considera un río y no una rambla, ya que existe un flujo de agua aunque en este caso de forma subterránea.

Fuente: Esta actividad se ha realizado a partir de la información recogida en el libro denominado “Río Andarax. Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía”.

- A.13. A continuación vamos a continuar con el modelo sencillo que hemos preparado al principio. (Nota: utilizamos este modelo para que resulte más sencilla la comprensión). En esta actividad vamos a emplear un dispensador de un bote de jabón para que sea capaz de aspirar el agua de nuestro “acuífero”.

Se simula así la perforación de un pozo para extracción de agua subterránea mediante una bomba hidráulica.

- a) ¿De dónde sale el agua? (Del acuífero)
- b) ¿Qué ocurre si levantamos el tubo unos centímetros? (Que deja de salir agua ya que estamos por encima del nivel freático a no sale agua)



Ilustración 24 Modelo de pozo

Fuente: Elaboración propia

Objetivo: Tener una idea clara de qué son y de dónde provienen las aguas de los pozos.

A.14. Vamos a intentar representar un pozo en un acuífero confinado. Para ello utilizaremos el siguiente modelo.



Ilustración 25 Acuífero confinado

Fuente: Elaboración propia

- a) Comprobad cómo sube el nivel de agua en el tubo.

Comentario: En este modelo se ha pretendido representar un acantilado. Detrás del acantilado se ha colocado un tubo que representa un pozo. Una vez que se riega el modelo, se observa que el nivel que alcanza el agua en el tubo es el mismo que en el modelo (nivel freático). Para que se perciba mejor las oscilaciones del nivel freático es conveniente introducir en el extremo del tubo

un colorante como por ejemplo permanganato potásico. Para mejor comprensión se puede mostrar la siguiente imagen.



Ilustración 26 Acuífero confinado

Fuente: (Calvo, M., Reyero, C., Vidal, M., Morcillo, J., & García, E., 2007, p.344).

Fuente: Esta última imagen se ha recogido del artículo denominado “El trabajo con modelos en aguas subterráneas” de los autores M., Reyero, C., Vidal, M., Morcillo, J., & García, E. (2007). Dicho artículo publicado en la revista Enseñanza de las ciencias de la tierra explica cómo realizar el modelo.

A.15. Utilizando los materiales que creas necesarios, ¿cómo crees que se forma un oasis?



Ilustración 27 Oasis

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Esta actividad se puede realizar por grupos y para ello sólo será necesario un recipiente, grava y agua. En las siguientes imágenes se representa esquemáticamente un corte en el que se aprecia una fuente en falla. Este caso es más difícil de representar mediante un modelo, por lo que podría ser suficiente con trabajar sobre la imagen. En nuestro caso nos ha parecido interesante introducir estos conceptos ya que se encuentran representados en la imagen del tema impartido durante la intervención intensiva. La construcción y utilización de modelos permite una comprensión mucho mayor que mediante el uso de las imágenes de los libros de texto. (Pérez, J., Ortuño, N., & Albañana, A., 2016, p.165)

● Las aguas subterráneas

El agua de la lluvia o del deshielo se infiltra en el suelo y forma las aguas subterráneas.

Si el agua subterránea desciende hasta alcanzar un estrato de roca impermeable, se acumula por encima de esta y crea grandes reservas naturales de agua, que se llaman **acuíferos**.

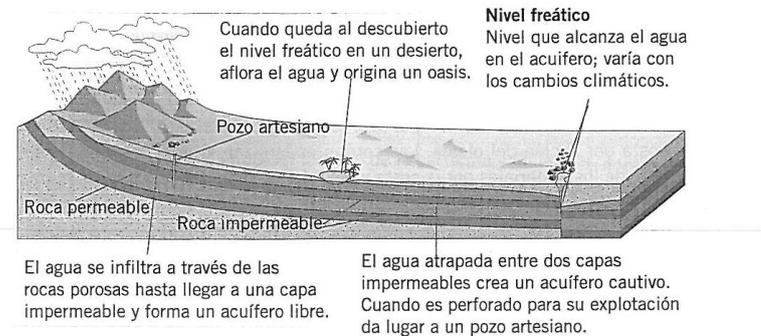


Ilustración 28 Contenido de libro de texto relacionado con aguas subterráneas

Fuente: (Pérez, J., Ortuño, N., & Albañana, A., 2016, p.165)

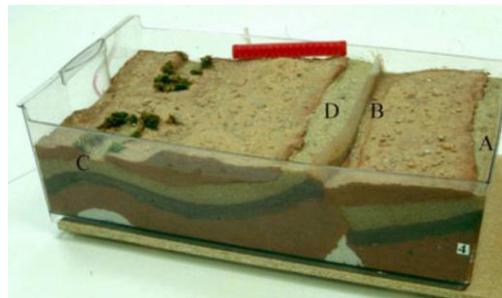


Ilustración 29 Oasis y fuente en falla

Fuente: (Calvo, M., Reyero, C., Vidal, M., Morcillo, J., & García, E., 2007, p.346).

Fuente: Esta última imagen se ha recogido del artículo denominado “El trabajo con modelos en aguas subterráneas” de los autores M., Reyero, C., Vidal, M., Morcillo, J., & García, E. (2007). Dicho artículo publicado en la revista Enseñanza de las ciencias de la tierra explica cómo realizar el modelo. Se puede usar para explicar el concepto de oasis y de fuente en falla.

- A.16. **(Opcional)** A continuación vamos a utilizar dos modelos, vertemos agua y los cubrimos con un film transparente. Una de las maquetas se coloca al sol y otro a la sombra. ¿Qué pensáis que va a ocurrir? ¿Qué se observa? ¿A qué conclusiones llegáis?



Ilustración 30 Modelo evaporación y condensación

Fuente: Elaboración propia

Objetivo: Una vez sellados los modelos se visualizan gotas de condensación que se forman en la tapa así como en los lados de la garrafa, lo que permite explicar la evaporación y la condensación. El hecho de poner una maqueta al sol y otra a la sombra permite observar que la condensación es mucho mayor en el modelo expuesto al sol.

Mediante este modelo se pretende demostrar también que las entradas del sistema, las precipitaciones, son equivalentes a las salidas del sistema, la evaporación, la escorrentía y la infiltración.

Fuente: Esta actividad se ha realizado a partir del artículo siguiente:

- Nebot, M., & Márquez Bargalló, C. (2014). El ciclo del agua en el laboratorio Una propuesta de modelización. *Alambique Didáctica De Las Ciencias Experimentales*, 77, 17-34.

A.17. **(Opcional)** ¿Si introducimos una planta en nuestro modelo y lo cubrimos? ¿Qué fenómeno se podría explicar? (La evapotranspiración)

Comentarios: Esta actividad se encuentra recogida en el artículo “El ciclo del agua en una garrafa” (Nebot, 2007, p.336):

Ha llegado el momento de colocar la planta. Es importante que sea realmente pequeña. Con la introducción de la planta se quiere estudiar el fenómeno de la transpiración. Para colocarla:

- Se corta la parte superior de una botella de plástico de 50 cl
- Se gira como se observa en el esquema
- Se sitúa dentro la planta de modo que quede cubierta por la botella, pero que la raíz salga por el cuello de la botella.
- Se utiliza film transparente para cubrir la planta y la botella.
- El papel film se sujeta a la botella con cordel o con una goma elástica

- Antes de colocar la planta en el montaje se pone una lámina de plástico como se observa en la figura 11, para que no le llegue directamente la humedad de la tierra.
- La planta se introduce en la zona C, entre la parte posterior de la garrafa y el pozo.

Así se construye un pequeño invernadero, con la planta dentro, intentando aislarla al máximo del ambiente. La lámina de plástico que se coloca en la base aísla la planta del suelo. El corte que se ha hecho para colocar mejor la planta tiene que sellarse con celo. El papel film aísla la planta del aire que quedará dentro de la garrafa cuando la cerremos.

De esta manera, las gotas de agua que se formen por condensación provendrán en su mayoría, de la planta (transpiración). Se incluyen unas fotografías para mejorar la comprensión del montaje (Fig. 12).

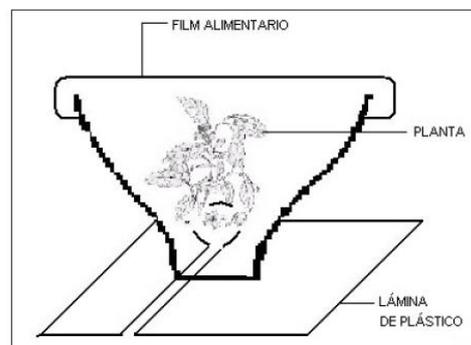


Fig. 11.-Montaje para estudiar la transpiración.



Fig. 12.- Fotografías que ilustran el montaje de la planta.

Ilustración 31 Modelo transpiración

Fuente: (Nebot, 2007, p.336)

A.18. **(Opcional)** Analiza las siguientes imágenes. ¿Qué está ocurriendo en cada una de ellas? Pista: En la primera imagen el acuífero descarga al mar lo que hace que el mar no pueda avanzar hacia el acuífero. Pero, ¿qué está ocurriendo en las siguientes imágenes a consecuencia de la sobreexplotación del acuífero? (Intrusión marina).

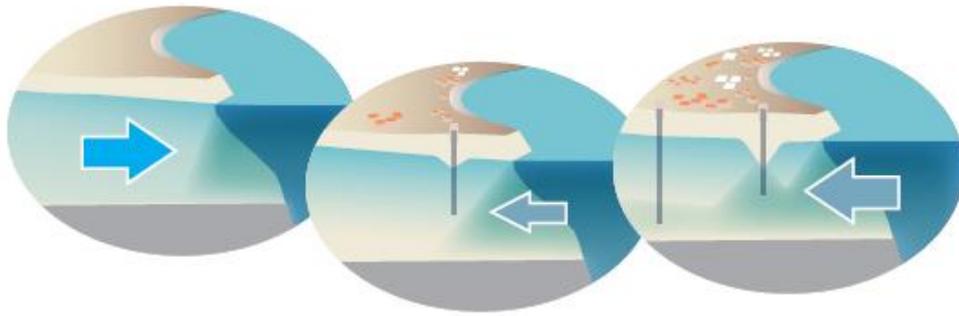


Ilustración 32 Intrusión marina

Fuente: (Cerrillo, M., Jorreto, S., López, M.D., Martínez, M., & Usero, S., 2010, p.36).

Comentarios: Esta actividad ha sido tomada de la UNIDAD DIDÁCTICA Programa de Actividades de Difusión “Acuíferos Poniente Almería” editada por la Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía en 2010.

En ella se analiza el concepto de intrusión marina. En la primera imagen el acuífero descarga al mar, lo que impide que el agua salada del mar invada el acuífero. Esto se debe a la diferente densidad del agua dulce y salada, en el primer caso el agua es menos densa y en el caso del agua marina la densidad es mayor.

En las dos imágenes que hay a continuación se observa que, como consecuencia de la sobreexplotación del acuífero, la descarga al mar disminuye permitiendo que el agua salada entre en el acuífero.

Fuente: Como se ha comentado anteriormente, esta actividad se ha tomado de la publicación denominada “UNIDAD DIDÁCTICA Programa de Actividades de Difusión “Acuíferos Poniente Almería” editada por la Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía en 2010”.

- A.19. **(Opcional)** Consulta esta noticia: Expertos alertan de la "grave explotación" agrícola del acuífero del río Aguas y piden explicaciones a la Junta (<http://www.20minutos.es/noticia/2977632/0/expertos-alertan-grave-explotacion-agricola-acuifero-aguas-piden-explicaciones-junta/>)
- b) ¿Qué significa sobreexplotación de acuíferos? (Se extrae más agua del acuífero de lo que recarga)

- c) ¿Cómo podríamos simular la sobreexplotación del acuífero de nuestro modelo? (Extrayendo agua con la bomba que hemos simulado con un tubo dispensador de un bote)
- d) ¿Qué ocurre si la recarga es mayor que la salida?, ¿y si es menor? (En el segundo caso se produce sobreexplotación de los acuíferos)

Objetivos: Mediante el modelo se pueden simular procesos antropogénicos como la sobreexplotación de los acuíferos ocasionados por la excesiva extracción de agua de los pozos. Por lo tanto, permite conocer las repercusiones de la actividad el hombre (gestión y contaminación) en el ciclo hidrológico de una forma global.

En esta actividad se puede observar cómo al extraer agua del pozo llega un momento en el que se seca el lago o río.

Esta actividad es complementaria a la A.13. ya que se trabajan los mismos contenidos.

- A.20. **(Opcional)** Consulta esta noticia: Investigadores alertan de la contaminación por antibióticos en acuíferos catalanes

(<http://www.europapress.es/sociedad/noticia-investigadores-alertan-contaminacion-antibioticos-acuiferos-catalanes-20100715191933.html>)

- a) Volviendo a nuestro modelo. Vamos a suponer que hay una ganadería junto al núcleo de arriba (tapón 1). Si el núcleo de abajo (tapón 2) coge agua del manantial ¿Qué le va a ocurrir al agua del manantial? (Va a estar contaminada por antibióticos) ¿Todas las aguas de manantial son buenas? No, el acuífero puede estar contaminado)

Objetivo: Al igual que en el caso anterior, esta actividad permite conocer las repercusiones de las actividades el hombre en el ciclo hidrológico de una forma global, en este caso en cuanto a contaminación.

Esta actividad complementa a la A.13.

Desarrollo de la actividad: Para simular el proceso de contaminación es conveniente utilizar un colorante.

A.21. **(Opcional)** Vamos a ver parte del programa de Salvados denominado ¿Está en peligro el espacio natural de Doñana? En concreto la entrevista que Jordi Évole realiza a Carmen Díaz-Paniagua, bióloga del CSIC. (entre los minutos 26 y 35).

http://www.atresplayer.com/television/programas/salvados/temporada-12/capitulo-19-est-peligro-espacio-natural-doana_2017050500563.html

Objetivo: Esta actividad puede servir como repaso de lo trabajado en esta secuencia. En la entrevista se mencionan conceptos como: los acuíferos se forman en materiales permeables, cómo se produce la recarga de un acuífero, concepto de nivel freático y cómo varía, cómo se forma una marisma, relación causa efecto de actividades humanas y sobreexplotación de acuíferos, influencia sobre la diversidad acuática. Con los conocimientos adquiridos en las actividades anteriores pueden razonar y explicar hechos como la sobreexplotación de acuíferos. A través de la realización de esta actividad, se pretende que los estudiantes sean capaces de interpretar fenómenos naturales y establecer la relación con el “modelo de aguas subterráneas”.

7.1.1.3. Aguas superficiales.

En esta secuencia empezaremos analizando los posibles factores que influyen en el aumento de riesgo de inundación. A continuación, los alumnos realizarán un modelo sencillo que explique estos factores. Posteriormente, se comprobará la validez que puede llegar a tener el modelo construido, es decir, que presente utilidad para explicar otros fenómenos. Para ello, será necesario ir añadiendo pequeñas modificaciones al modelo, según el fenómeno o concepto que se quiera trabajar.

El modelo empleado será similar al utilizado en la secuencia anterior, con la diferencia de que para simular la escorrentía superficial se debe utilizar un material impermeable como la arcilla.

Las actividades serán en algunos casos individuales y en otros casos grupales.

A.22. Observa la siguiente Ilustración 33 ¿En cuál de las dos ubicaciones consideras que es menor el riesgo de una inundación? Justifica tu respuesta.

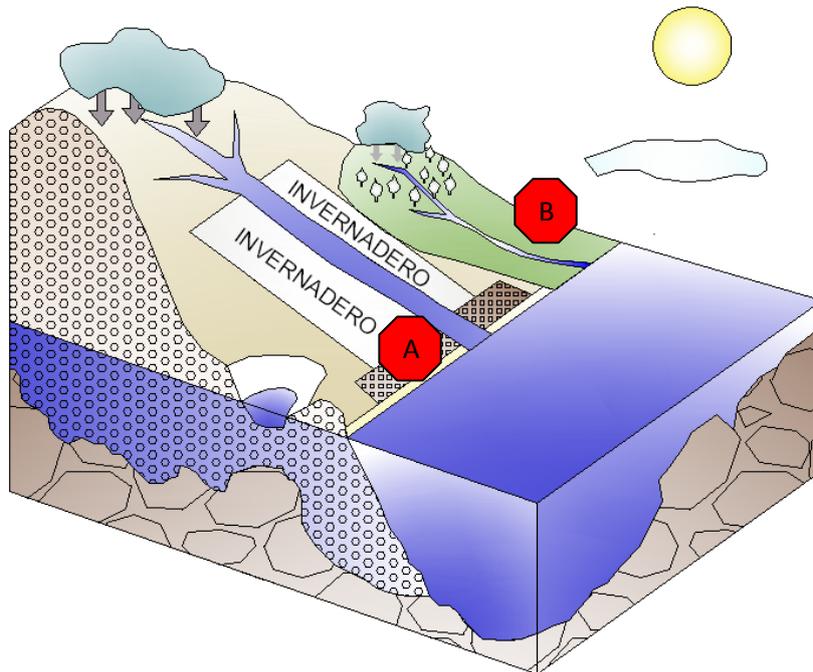


Ilustración 33 Ciclo del agua
Fuente: Elaboración propia

Comentarios: En la ilustración anterior, se ha representado dos cuencas. La primera de ellas, a la que denominamos cuenca A, presenta una serie de características que puede hacer que el riesgo de inundación aguas abajo sea mayor. Entre ellas:

- Mayor superficie de cuenca.
- Mayor pendiente del cauce principal.
- Precipitaciones mayores y mayor intensidad de éstas. Esto se ha intentado representar mediante flechas de precipitación más gruesas y oscuras.
- Escasa cubierta vegetal y presencia de gran superficie de invernaderos, lo que aumenta la escorrentía de la cuenca.

Desarrollo de la actividad: Esta actividad de la secuencia de “aguas superficiales” puede realizarse en primer lugar de forma individual para a continuación realizar una puesta en común en la que cada miembro del grupo comente la interpretación que ha hecho del ciclo del agua recogido en la Ilustración 33 “ciclo del Agua” así como dar respuesta a la pregunta planteada.

- Elaboración de hipótesis: Cada miembro del grupo deberá proponer una hipótesis inicial que dé respuesta a la pregunta. Para ello deberá escribir su hipótesis inicial haciendo de momento sólo uso de sus propias ideas y conocimientos.
- Búsqueda de información: Cada grupo podrá buscar información haciendo uso de los recursos que consideren necesarios: libro de texto, internet, revistas científicas....
- Puesta en común dentro del grupo: Cada componente de grupo expondrá al resto de compañeros las ideas principales obtenidas como conclusión a la pregunta. Con esta actividad se pretende que los alumnos tengan una actitud crítica y participativa lo que permite estructurar sus ideas.

Objetivos de la actividad:

- Conocer las ideas previas (concepciones alternativas) de los estudiantes en relación al ciclo del agua y a los factores que influyen en el riesgo de inundaciones.
- Mediante esta actividad el profesor podrá detectar aquellos contenidos o conceptos que presentan mayor dificultad de comprensión por parte del alumno.

A.23. **(Opcional)** ¿Por qué en los climas tropicales las lluvias ocasionan inundaciones más devastadoras?

Comentarios: Esta pregunta nos puede servir también los aspectos que se han tratado en la actividad anterior, pero desde otro de punto de vista distinto:

- Las lluvias en los trópicos son más intensas, lo que da lugar a más caudal.
- En las zonas tropicales, como en Brasil o Argentina, se están produciendo tala incontroladas de selvas, lo que está produciendo un aumento considerable de la escorrentía superficial.
- Aumento de precipitaciones: Los científicos están alertando de que el aumento de la temperatura a nivel mundial debido al calentamiento global está provocando un aumento de energía en la atmósfera lo que da lugar a más vapor de agua y mayores precipitaciones.
- Cuencas muy grandes: Las cuencas, por ejemplo en el Amazonas, son en general grandes.

Objetivos: Con estas primeras dos actividades se pretende conocer las ideas previas o concepciones alternativas del alumno en relación a las aguas superficiales y a los factores que influyen en el riesgo de inundaciones. Así mismo se intenta conseguir que los alumnos muestren interés en responder a estas preguntas y que trabajen mediante un proceso de indagación.

A.24. A continuación, se os plantea esta pregunta:

¿Qué factores pensáis que pueden influir en el caudal que lleva un río o una rambla? Es decir, ¿a qué puede deberse que aumente el caudal que lleva un río o una rambla?

Diseñad un experimento (un modelo) para comprobar si vuestras hipótesis iniciales son correctas

Desarrollo de la actividad: En esta actividad los alumnos se organizarán en grupos y formularán una hipótesis que deberán recoger por escrito. Así mismo se potenciará el lenguaje oral con la puesta en común de sus ideas.

Comentario: Probablemente los alumnos, de forma inconsciente, planteen un modelo similar al elaborado en la secuencia de aguas subterráneas.

En el caso de que los alumnos se “atranquen” en el diseño del modelo o incluso en proponer factores que influyen en el aumento de caudal de un cauce, el profesor deberá orientarlos y guiarlos de forma que puedan seguir trabajando.

Puedes ser que los modelos o experimentos que propongan ellos sean incluso más representativos (funcionales) que el que se muestra a continuación. Si no es así, proponer las actividades recogidas en los apartados siguientes.

Objetivos: El hecho de trabajar con un modelo similar al utilizado en la parte de aguas subterráneas puede servir para que el alumno vea que no solamente sirve para explicar las aguas subterráneas sino que también sirve para trabajar las aguas superficiales. Por lo tanto, en esta actividad se realizan predicciones para corroborar que nuestro modelo es útil a la hora de usarlo para dar explicación a otros hechos.

En las siguientes actividades los alumnos van a ir trabajando los distintos factores que han propuesto en esta actividad, así como en las actividades anteriores. En el caso de que las hipótesis no sean correctas, el profesor los irá orientado hacia las respuestas que servirán de punto de partida para las actividades siguientes.

Introducción siguiente actividad: A continuación se plantea una actividad con la que se pretende que los alumnos comprendan el concepto de cuenca

hidrográfica ya que se considera básico para entender las actividades posteriores. Esta actividad se ha propuesto como opcional ya que en el caso de que el profesor haya comprobado, mediante las primeras actividades, que este concepto lo tienen lo suficientemente claro, podrá omitirse.

A.25. **(Opcional)** ¿Sabéis qué es una cuenca hidrográfica o cuenca de recepción? ¿Cómo podríamos representar una cuenca hidrográfica en nuestro modelo?

- a. Por grupos intentad moldear una cuenca utilizando arcilla.
- b. Una vez moldeada una cuenca, indicad:
 - i. Superficie de la cuenca
 - ii. Longitud del tramo principal
 - iii. Punto alto y bajo de la cuenca
- c. Si no sabéis lo que es una cuenca podéis usar todos los recursos disponibles. En el caso de duda pueden consultar la siguiente ilustración o bien los recursos que consideren necesarios (libro de texto, internet...):

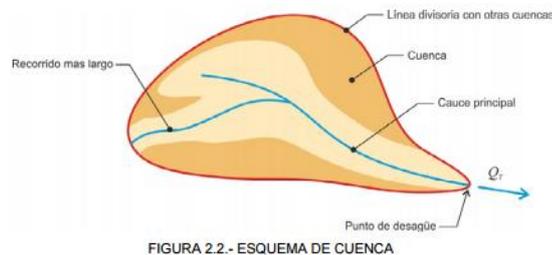


Ilustración 34 Esquema de cuenca

Fuente: figura 2.2. "Esquema de cuenca" de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras

- d. Para que lo veáis en la realidad, vamos a hacer la siguiente actividad. Vamos a entrar en Google Maps y activamos la opción de visual en 3D. Introduce las coordenadas siguientes:





Ilustración 35 Cuenca hidrográfica

Fuente: Google Earth

Objetivos: Mediante esta actividad se busca que el alumno visualice el concepto de cuenca de recepción. Esto es importante para que pueda realizar las actividades siguientes.

Introducción siguiente actividad: Uno de los factores que queremos trabajar son las características físicas de la cuenca. Además de la superficie de la cuenca, influyen otros factores como longitud del cauce principal y pendiente. A pesar de que estos dos últimos factores son importantes ya que sirven para introducir el concepto de tiempo de concentración, en la siguiente actividad nos vamos a centrar principalmente en la superficie de la cuenca

Por otro lado, en las siguientes actividades los alumnos van a diseñar sus propios modelos para comprobar si las hipótesis formuladas en la pregunta A.24. son correctas.

Comentario: En el caso de que el programa no reconozca el formato de las coordenadas, se puede realizar el siguiente ajuste:

- a. Abrir Google Earth.
- b. En la parte superior de la pantalla, clic en Herramientas > Opciones
- c. Clic en Vista 3D. A continuación elegir formato de visualización- en "Mostrar lat./long." En este caso: Grados decimales
- d. Aceptar. Las coordenadas se muestran en la esquina inferior derecha.

A.26. ¿Cuál de las dos cuencas siguientes piensas que recoge más agua? Vamos a realizar un modelo para comprobar nuestra hipótesis.

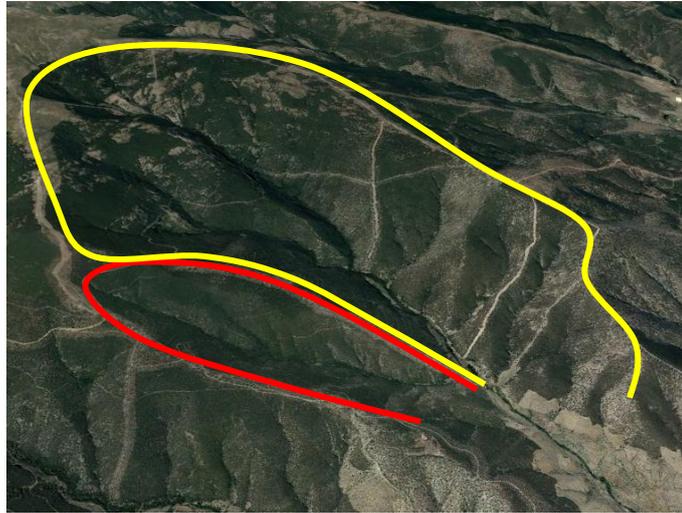


Ilustración 36 Cuencas

Fuente: Google Earth

Desarrollo de la actividad:

- En esta actividad se trabaja con un modelo similar al que han elaborado los alumnos en la secuencia de “aguas subterráneas”. Se puede dividir la clase en dos grupos. Tras unos minutos de reflexión, se llega al consenso de utilizar los siguientes materiales: cada grupo con un recipiente (p.e. garrafa de agua cortada por la mitad), grava, arcilla y agua.
- Es interesante que los alumnos justifiquen y escriban el diseño que pretenden llevar a cabo, con el objeto de clarificar dudas. Este diseño puede hacerse de forma individual de forma que cada alumno aporte sus propias ideas. Al mismo tiempo, se fomenta el uso de la expresión escrita. Así mismo, es conveniente que los alumnos debatan e intercambien ideas antes de llevar a cabo el experimento sobre los resultados que se tienen pensado obtener. De esta forma se fomenta también la expresión oral. Los alumnos pueden tener hipótesis distintas que justificarán con tantos modelos como estimen oportunos.
- Una vez realizada la puesta en común se pasa a realizar el modelo propiamente dicho para buscar pruebas que sirvan para confirmar o rechazar ideas.

- El profesor podrá orientar al alumno cuando lo considere necesario. A lo largo de las actividades que se desarrollan a continuación es conveniente cubrir la capa superficial del modelo mediante arcilla de forma que se produzca escorrentía superficial. A continuación se indica cómo pueden realizarse los modelos.
- El primer grupo deberá modelar una cuenca grande y verter agua mediante por ejemplo una regadera de boca ancha de forma a que toda el agua sea recogida por la cuenca de recepción.
- El segundo grupo deberá modelar una cuenca más pequeña y verter agua también con la regadera de forma que parte del agua vertida no sea recogida por la cuenca de recepción. Observando el río/lago que se forma aguas abajo podrán ver que el nivel de agua recogida es menor.
- Una vez realizado el experimento, los alumnos deberán anotar los datos obtenidos y obtener una conclusión sobre la validez de su hipótesis. Deberán comentar los resultados a sus compañeros, de esta forma los alumnos podrán comparar e intercambiar resultados con el resto de los compañeros.

Esta metodología de trabajo se puede emplear en las actividades siguientes.

Propuesta de modelo:



Ilustración 37 Propuesta de modelo

Fuente: Elaboración propia

Objetivos: Mediante esta actividad se pretende que los alumnos entiendan que la superficie de la cuenca influye en la cantidad de agua recogida por ésta. Cuanto mayor es la superficie de la cuenca, mayor será el agua recogida.

Introducción siguiente actividad: A continuación se va a introducir el concepto de pendiente, otro de los factores importantes de las características de la cuenca, junto con la longitud del cauce principal

A.27. **(Opcional)** Observa la siguiente imagen. ¿A qué conclusión llegas?

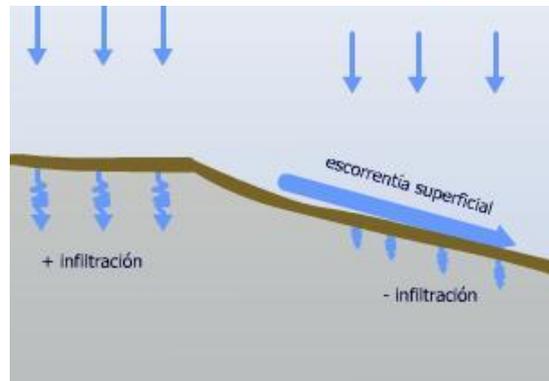


Ilustración 38 Influencia de la pendiente

Fuente: (Martín, M., 2017)

https://pendientedemigracion.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/esc_sub_infiltracion.html

Comentarios: El objetivo de la presente actividad es que comprendan que cuanto mayor es la pendiente menor volumen de aguas infiltradas y por lo tanto mayor cantidad de escorrentía superficial. Cuando el terreno presenta una pendiente elevada, la velocidad del agua aumenta ya que tienen a descender a cotas más bajas. En el caso de pendientes suaves, las aguas de precipitación se remansan y permanecen más tiempo en contacto con los poros del suelo lo que hace que se vaya infiltrando poco a poco.

Fuente: La imagen así como parte de la explicación se ha tomado de la página web del Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad Complutense de Madrid Facultad de Educación. (Martín, M., 2017)

A.28. Parece obvio pensar que si llueve más, el cauce llevará más agua, ¿no? Vamos a realizar un modelo que lo simule.

Desarrollo de la actividad: La metodología de trabajo será similar a la empleada en la actividad A.26. salvo que en este caso las dos cuencas de recepción deben ser del mismo tamaño:

- El primer grupo deberá verter en la cuenca de recepción una pequeña cantidad de agua y observa qué ocurre con el nivel del lago o río.
- El segundo grupo verterá una cantidad mayor de agua y hará lo mismo, observará el nivel del lago/río).
- También en este caso es necesario utilizar arcilla en la capa superficial para que se produzca escorrentía superficial.

Propuesta de modelo:



Ilustración 39 Propuesta de modelo

Fuente: Elaboración propia

Introducción siguiente actividad: A continuación se va a trabajar la relación entre la infiltración y la escorrentía y por lo tanto, la influencia de las características del suelo en el caudal.

A.29. ¿En todos los suelos el agua escurrirá igual? ¿Qué hace que el suelo “chupe” (retenga) o no más agua?

En el modelo de la secuencia de aguas subterráneas, ¿qué pasaba cuando llovía sobre un suelo permeable (capa de grava)? (Se infiltraba el agua)

¿Y si el suelo es impermeable (arcilla)? (El agua discurría por la superficie)

Desarrollo de la actividad: Utilizando una secuencia de trabajo similar a la empleada en la actividad A.26. se propone el siguiente modelo:

- El primer grupo moldeará una cuenca de recepción mediante arcilla y verterá una determinada cantidad de agua que será recogida por un recipiente.
- El segundo grupo deberá formar una cuenca de recepción intercalando zonas con arcilla y zonas con grava. La cantidad de agua a verter será la

misma que en el caso anterior. En este caso, ¿el agua recogida por el recipiente será mayor o menor?

- Es recomendable verter el agua poco a poco para que el agua de “lluvia” puede infiltrarse.

Propuesta de modelo:



Ilustración 40 Propuesta de modelo

Fuente: Elaboración propia

Objetivos: En el primer caso, toda el agua de “precipitación” escurre por la superficie de la cuenca. En el segundo caso, mediante el uso de material permeable intercalado en la arcilla, estamos favoreciendo que se produzca infiltración además de la escorrentía superficial. Por lo tanto, con esto podemos demostrar que las características del suelo influyen en el caudal que lleva un cauce.

Introducción siguiente actividad: A continuación se pretende trabajar con otro concepto o factor fundamental, la intensidad de la precipitación. En el caso de que los alumnos no hayan llegado a plantear este factor en la actividad A.24, el profesor deberá hacer preguntas guiándolos hacia la respuesta correcta. Por ejemplo, se podría preguntar: ¿Qué peculiaridad tienen las lluvias en Almería? (Que suelen ser lluvias torrenciales).

A.30. ¿Podrías hacer una gráfica que relacione la intensidad de la lluvia con el caudal de un río? ¿Cómo va a variar el caudal? Justifica tu respuesta.

A continuación utiliza el modelo para comprobar tu hipótesis.

Objetivos: Como hemos comentado, en esta actividad se persigue que los alumnos representen la variación del caudal de un río en relación a la intensidad de la lluvia. Para eso, deberán representar en el eje de ordenadas

(eje vertical) la intensidad de lluvia y en el eje de abcisas (eje horizontal) el caudal.

Tras unos minutos de trabajo individual en el que los alumnos deben dibujar la gráfica, se continúa con una puesta en común de los resultados.

Una vez analizados son resultados, los alumnos pueden comprobar sus hipótesis en el modelo. Para ello, el desarrollo de la actividad puede ser el siguiente:

Desarrollo de la actividad:

- Nuestro modelo puede ser útil para corroborar nuestra hipótesis.
- Se vuelve a dividir la clase en dos, cada uno con un modelo.
- Es necesario que el modelo represente la infiltración y escorrentía, por lo que se podrá practicar orificios a la cuenca o bien añadir un material permeable como la grava en algunas zonas.
- El primer grupo deberá verter en la cuenca de recepción un vaso de agua poco a poco (o bien con un dispensador), simulando una lluvia débil observando qué ocurre con el nivel del lago o río.
- El segundo grupo verterá esa misma cantidad de agua pero de forma brusca (casi de golpe), observará el nivel del lago/río.

Propuesta de modelo:



Ilustración 41 Propuesta de modelo

Fuente: Elaboración propia

Objetivo: Llegado a este punto es posible que los alumnos cuenten con la suficiente soltura y seguridad para realizar el “experimento” sin excesivas

dificultades. Esta actividad les permite comprobar si el modelo construido es útil o no.

Mediante esta actividad se pretenden que vayan adquiriendo los siguientes conocimientos:

- En el caso de precipitaciones suaves (poco intensas), aunque estas se prolonguen en el tiempo, se favorece la infiltración del agua en el terreno.
- En el caso de precipitaciones torrenciales (muy intensas), la infiltración es menor. Generalmente en las precipitaciones violentas el agua que no ha podido infiltrarse tenderá a moverse por la superficie. Pasará a ser agua de escorrentía.
- El agua, para infiltrarse, debe desplazar el aire que hay en los poros del material permeable. Cuando las precipitaciones son muy intensas, es más difícil desplazar este aire, por lo que el agua no entra en los poros y tiende a desplazarse por la superficie.

Comentario: El modelo utilizado puede considerarse válido ya que, introduciendo pequeños ajustes según el concepto a tratar, permite explicar hechos de diferente naturaleza, así como confirmar predicciones.

A.31. **(Opcional)** ¿Cómo se distribuyen las lluvias? En las gráficas siguientes se muestran datos sobre la distribución anual de las precipitaciones de dos estaciones pluviométricas diferentes ¿Cuál será la precipitación media en cada caso? ¿Cuál representa mejor la precipitación anual de Almería? ¿Por qué?

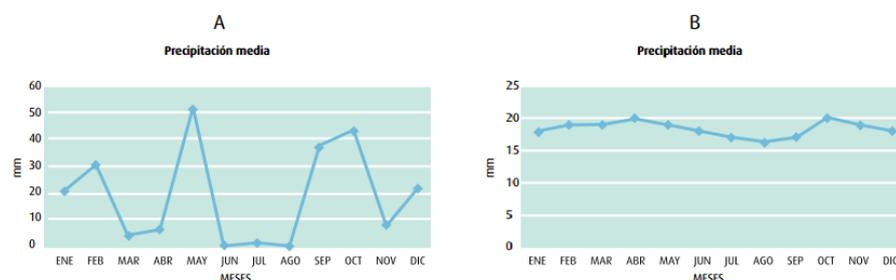


Ilustración 42 Gráficas de precipitación intensa y suave

Fuente: (Cerrillo, M., Jorreto, S., López, M.D., Martínez, M., & Usero, S., 2010, p.13).

Fuente: Esta actividad ha sido tomada de la UNIDAD DIDÁCTICA Programa de Actividades de Difusión “Acuíferos Poniente Almería” editada por la Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía en 2010.

Objetivo: Mediante esta actividad, los alumnos pueden analizar la importancia de la distribución a lo largo del tiempo de las precipitaciones. En ambos casos, la precipitación media anual es similar, en torno a 220 mm/año. El gráfico A se representa una zona de precipitaciones escasas e irregulares. Se aprecian picos que representan lluvias torrenciales (intensas). En estas zonas es donde suelen existir ramblas. En el gráfico B, las lluvias se distribuyen de forma regular por lo que el caudal de los ríos es más o menos estable.

A.32. ¿Pero puede haber otros factores que influyan en el caudal de un río o de una rambla? Observa la siguiente imagen. ¿A qué conclusión llegas?

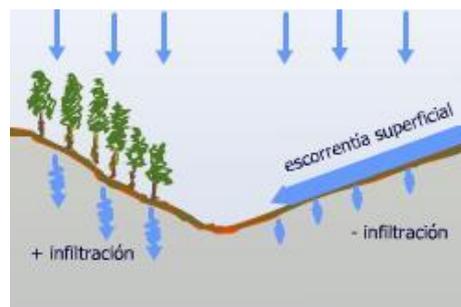


Ilustración 43 Influencia de la cubierta vegetal

Fuente: (Martín, M., 2017)

https://pendientedemigracion.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/esc_sub_infiltracion.html

Comentario: La escorrentía superficial es mayor especialmente cuando la pendiente es pronunciada y no existe vegetación. La cubierta vegetal (la vegetación) facilita que parte de las aguas superficiales se infiltren debido a que retienen el agua, con lo cual disminuye la cantidad de agua que puede circular por la superficie. A mayor escorrentía superficial, se produce un aumento de caudal y por lo tanto mayor riesgo de inundación.

Fuente: La imagen así como parte de la explicación se ha tomado de la página web del departamento de Didáctica de las Ciencias experimentales de la Universidad Complutense de Madrid Facultad de Educación

A.33. **(Opcional)** En las actividades anteriores hemos estado viendo qué factores influyen en el aumento de caudal de un cauce. Pero, ¿cómo afectan estos mismos factores a la erosión del suelo? Utiliza el siguiente simulador para comprobarlo: <http://conteni2.educarex.es/mats/14390/contenido/>. Se trata de un portal de contenidos educativos digitales de la Consejería de Educación y Empleo de la Junta de Extremadura.

Justifica tu respuesta previamente a utilizar el simulador.

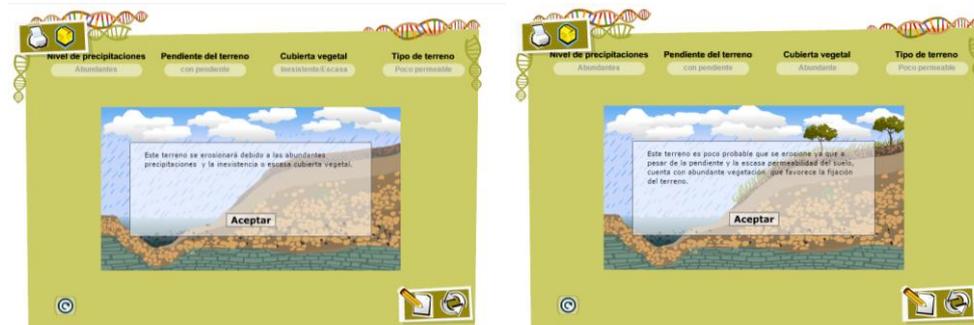


Ilustración 44 Simular erosión del suelo

Fuente: <http://conteni2.educarex.es/mats/14390/contenido/>

Comentario: La erosión de un terreno se ve potenciada o amortiguada por una serie de factores, los más importantes son: nivel de precipitaciones e intensidad, pendiente del terreno, cubierta vegetal y tipo de suelo (permeable o impermeable). La erosión del terreno originada por las precipitaciones será mayor cuando la pendiente es mayor y la cubierta vegetal menor ya que en este caso las laderas se vuelven más inestables.

La cubierta vegetal favorece la infiltración debido a su capacidad de retención del agua. La retención del agua será mayor o menor dependiendo del tipo de planta y de su abundancia.

La cubierta vegetal protege al suelo de la compactación que provoca el impacto directo de las gotas de lluvia, al detener y/o amortiguar la velocidad con la que caen (interceptación). Se reduce entonces la violencia de las precipitaciones, se frena su recorrido superficial y el agua permanecerá más tiempo en superficie aumentando las posibilidades de ser infiltrada... Si las gotas de lluvia impactan sobre un suelo desprovisto de vegetación, la superficie del terreno se compacta y se remueven, separan y dispersan los agregados

superficiales, desplazándose pequeñas partículas que se introducen en las grietas y fisuras superficiales. Esto hace que estas oquedades queden obturadas en mayor o menor grado, reduciéndose su tamaño y por tanto la capacidad de infiltración. (Martín, M., 2017).

Fuente: La explicación se ha tomado de la web del Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Educación.

Introducción de las siguientes actividades opcionales: Proponer actividades en la que se trabaje de forma real.

- A.34. **(Opcional)** Para que veáis cómo se delimita una cuenca en realidad, a continuación tenéis que representar la cuenca de la zona de estudio sobre la imagen que se os muestra a continuación en la que aparece la red hidrográfica.

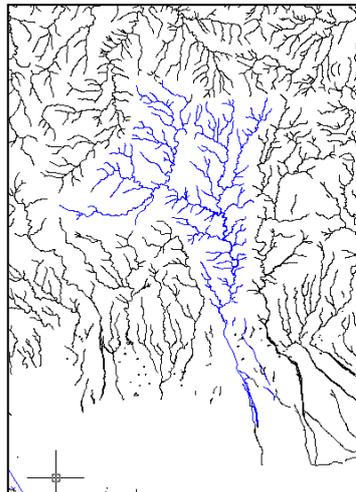


Ilustración 45 Cuenca zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Esta actividad la pueden realizar saliendo a dibujar la cuenca en la pizarra digital, con la imagen anterior de fondo. En realidad la cuenca debería delimitarse utilizando además las curvas de nivel, pero como resulta más difícil se ha optado por utilizar la red hidrográfica. Se puede proponer la siguiente secuencia de imágenes. En la primera imagen sólo se ha resaltado en azul el cauce principal de la cuenca y en la segunda se ha coloreado en azul todos los cauces de la cuenca. En la tercera se muestra en rojo la delimitación de la cuenca.

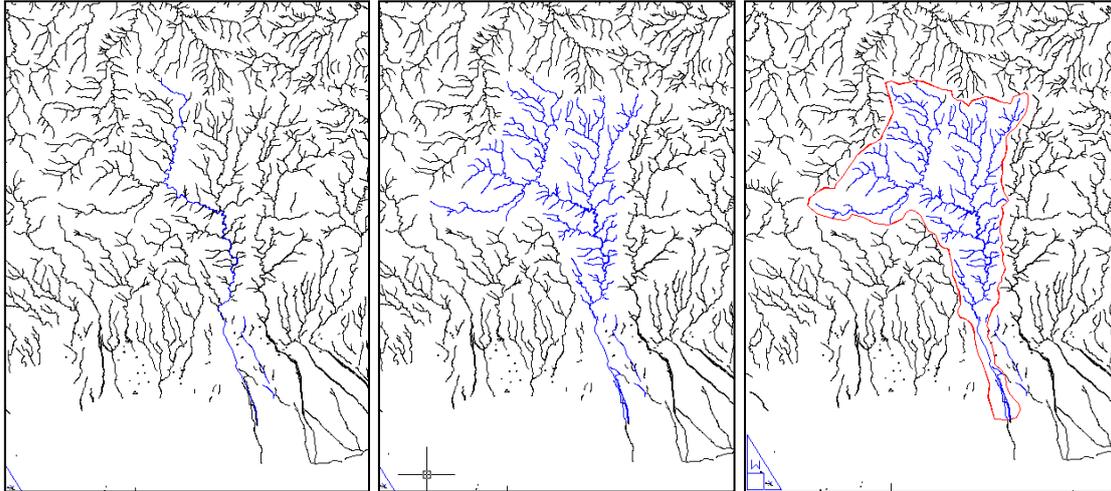


Ilustración 46 Delimitación de cuenca

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Esta actividad es complementaria a la A.25, ya que en ambas se delimita la superficie de una cuenca de recepción. Es importante mencionárselo a los alumnos para que puedan establecer la relación entre una y otra.

Resultado obtenido: Se obtiene una superficie de 5.822 Ha que los alumnos deben anotar para realizar una actividad posterior.

A.35. **(Opcional)** A continuación vamos a calcular la pluviometría de una zona concreta del poniente Almeriense. Introduce los siguientes datos en el programa Maxplu y anota el resultado obtenido correspondiente a Pt (mm/día).

Datos:

- Sistema de coordenadas: UTM (Huso 30)
- Coordenadas: x=525.064; y= 4.079.733
- Periodo de retorno: 100 años



Ilustración 47 Programa Máximas lluvias diarias en la Espala Peninsular

Fuente: (Santamaría, J., & Parrilla, A., 1999).

Comentarios: Para realizar esta actividad se va a utilizar el programa Maxplu desarrollado por el Ministerio de Fomento Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes Dirección General de Carreteras en 1999. Para que sea más sencillo, trabajar solo con el periodo de retorno de 100 años. El programa puede descargarse de forma gratuita del siguiente enlace: <http://www.hidrojing.com/recursos/aplicaciones-y-mas/>

Los conceptos trabajados en esta actividad son similares que en la actividad A.28.

Resultado obtenido: 117 mm/día

A.36. **(Opcional)** ¿Cómo suelen ser las lluvias en Almería? Suelen ser torrenciales ¿Qué quiere decir? Utiliza la siguiente ilustración y busca el valor del índice de torrencialidad en el poniente Almeriense. ¿En qué zona de España el índice es mayor? Compara el valor obtenido con el existente en el noroeste peninsular.

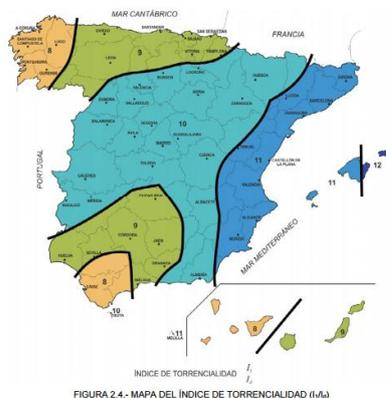


Ilustración 48 Mapa de índice de torrencialidad (I1/I0)

Fuente: Orden FOM/298/2016 (BOE núm 60 de marzo de 2016).

Fuente: Para realizar esta actividad se ha recurrido a la tabla 2.4. Mapa de índice de torrencialidad de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.

Objetivos: Mediante la presente actividad se pretende mostrar cómo se obtiene el valor de índice de torrencialidad. Por otro lado, se busca que el alumno compare el resultado obtenido con el valor correspondiente al noroeste peninsular, en el que las precipitaciones son mayores pero menos intensas. Esta actividad se encuentra relacionada con la actividad A.30 y A.31 en las que se introduce el concepto de intensidad de lluvia.

Resultado obtenido: Se considera un valor de Cociente $I1/I_d = 10,5$.

Introducción a las siguientes actividades: A partir de la actividad siguiente se va a trabajar el concepto de escorrentía superficial y su relación con la infiltración y la cubierta vegetal.

A.37. **(Opcional)** Otro aspecto importante a tener en cuenta es la infiltración del terreno. Utiliza la siguiente ilustración y busca el valor del grupo hidrológico de suelo en el poniente Almeriense. Anota el resultado obtenido.

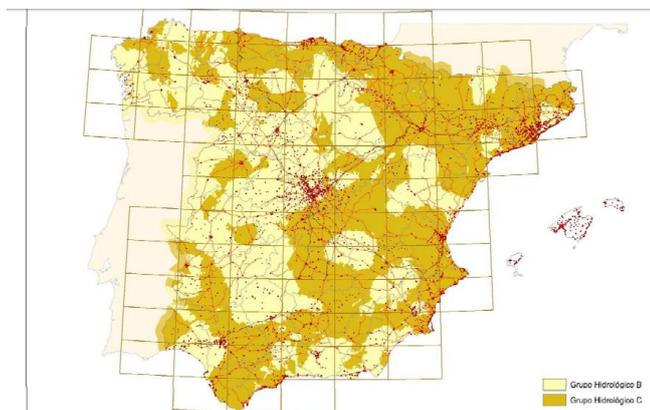


FIGURA 2.7.- MAPA DE GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELO

Ilustración 49 Mapa de grupos hidrológicos de suelo

Fuente: Orden FOM/298/2016 (BOE núm 60 de marzo de 2016).

Fuente: Para realizar esta actividad se ha recurrido a la tabla 2.7. Mapa de grupos hidrológicos de suelo de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras.

Según recoge la tabla 2.4. Grupos hidrológicos de suelo a efectos de la determinación del valor inicial del umbral de escorrentía, recogida en la Orden de drenaje, la infiltración correspondiente a un grupo de suelo B es moderada.

TABLA 2.4.- GRUPOS HIDROLÓGICOS DE SUELO A EFECTOS DE LA DETERMINACIÓN DEL VALOR INICIAL DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA

Grupo	Infiltración (cuando están muy húmedos)	Potencia	Textura	Drenaje
A	Rápida	Grande	Arenosa Areno-limosa	Perfecto
B	Moderada	Media a grande	Franco-arenosa Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa	Bueno a moderado
C	Lenta	Media a pequeña	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa	Imperfecto
D	Muy lenta	Pequeño (litosuelo) u horizontes de arcilla	Arcillosa	Pobre o muy pobre

Ilustración 50 Tabla de grupos hidrológicos de suelo a efectos de la determinación del valor inicial del umbral de escorrentía.

Fuente: Orden FOM/298/2016 (BOE núm 60 de marzo de 2016).

Resultado obtenido: Como hemos dicho, se considera un grupo hidrológico B, es decir, se trata de un suelo de infiltración moderada.

Objetivo: En esta actividad se trabaja las características del suelo y su relación con la infiltración, por lo que está relacionada con la A.29.

A.38. **(Opcional)** Como vimos en la actividad A.29, las características del suelo pueden influir en el caudal que lleva un río o una rambla. Pero, ¿cómo influye la cubierta vegetal?

Utilizando la tabla, ¿Cuál sería el valor de P_0 (umbral de escorrentía) con los siguientes datos?

- Uso de suelo: Bosque de coníferas (le corresponde el código: 31200)
- Grupo de suelo : B (quiere decir que tiene una infiltración moderada)
- Pendiente: en este caso no influye.
- Anota el valor de P_0

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
31150	Bosques de ribera			76	34	22	16
31160	Laurisilva macaronésica			90	47	31	23
31200	Bosques de coníferas			90	47	31	23
31210	Bosques de coníferas de hojas aciculares			90	47	31	23
31220	Bosques de coníferas de hojas tipo cupresáceo			90	47	31	23
31300	Bosque mixto			90	47	31	23

Ilustración 51: Tabla “Valor inicial del umbral de escorrentía P_0 ”

Fuente: Orden FOM/298/2016 (BOE núm 60 de marzo de 2016).

Desarrollo de la actividad: Para iniciar esta actividad se les puede mostrar la imagen de usos del suelo de la cuenca objeto de estudio. Explicar que cada color representa una tipo de cubierta vegetal distinto (“tipo de vegetación”). Por ejemplo, matorral, monte, cultivo de frutales, etc.

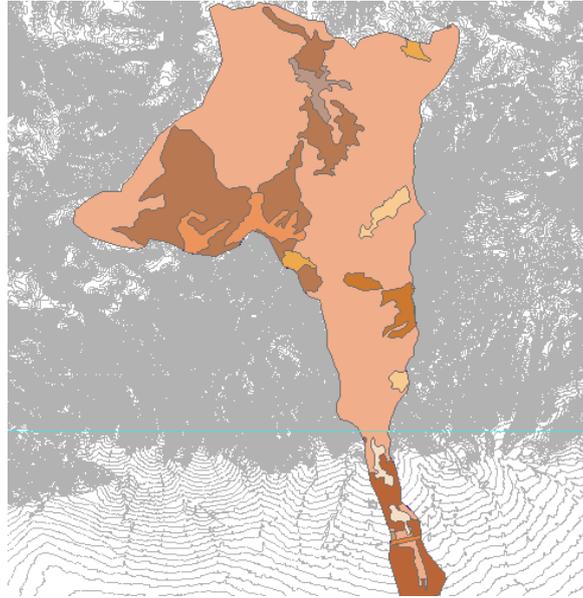


Ilustración 52: Usos del suelo

Fuente: Elaboración propia

A continuación se les muestra la tabla 2.3 “Valor inicial del umbral de escorrentía P_o ” de la Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. En esta tabla aparecen los factores que influyen en la escorrentía:

- Tipo de suelo según su capacidad de infiltración. Este concepto se ha trabajado en la actividad A.29.
- Pendiente: Trabajado en la actividad A.27.
- Usos del suelo: cubierta vegetal en la cuenca. Trabajado en la A. 32.

Por último, los alumnos deben buscar el valor de P_o teniendo en cuenta los datos indicados en la actividad.

Este valor se utiliza para obtener el valor del coeficiente de escorrentía (C). En este caso, teniendo en cuenta una cubierta vegetal de coníferas ($P_o=47$) el valor de

escorrentía que se obtiene es $C= 0,25$. Se puede hacer referencia a la imagen que se muestra a continuación y que se ha empleado en la actividad A.32. En ella se observa que cuanto mayor es la cubierta vegetal mayor es la infiltración y menor la escorrentía:

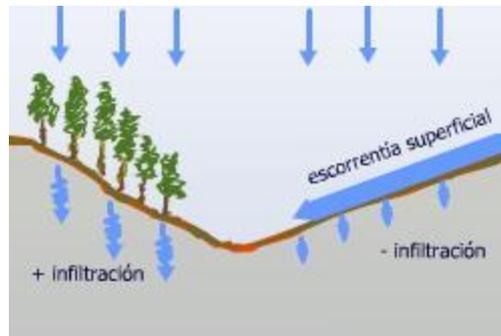


Ilustración 53 Influencia de la cubierta vegetal

Fuente: (Martín, M., 2017)

https://pendientedemigracion.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/esc_sub_infiltracion.html

Es posible que sea necesario explicar la diferencia entre el umbral de escorrentía y el coeficiente de escorrentía.

- Umbral de escorrentía (P_0): El umbral de escorrentía representa la precipitación mínima que debe caer en la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Por lo tanto, un valor alto de P_0 indica que puede llover mucho hasta que empieza el agua empieza a discurrir por la superficie.
- Coeficiente de escorrentía (C): El coeficiente C de escorrentía define la parte de la precipitación de intensidad $I(T, t_c)$ que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca.

Resultado obtenido: ($P_0=47$)

A.39. **(Opcional)** Con los siguientes valores obtenidos, obtenemos el valor del caudal mediante una hoja de cálculo cuyos resultados se muestran a continuación:

- Pluviometría: $P_d=117$
- Características físicas de la cuenca de recepción: Superficie= 5.822 Ha
- Escorrentía: Umbral de escorrentía $P_0=47$
- Intensidad de la lluvia: Cociente $I_1/I_d= 10,5$

Resultado obtenido: $Q=56, 78 \text{ m}^3/\text{s}$

CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA
 A= Área de la cuenca
 L=Longitud del cauce
 J=Pendiente del cauce

A= 5.822 Ha
 Cota sup= 1.590 m
 Cota inf= 110 m
 Longitud= 24 Km

PRECIPITACIÓN
 Pd=Precipitación diaria



Pd= 117

INTENSIDAD DE LA LLUVIA
 Obtención de valor
 I1/Id

Coordenadas
 x= 525.064
 y= 4.079.733



I1/Id= 10,5

TIPO DE SUELO
 Infiltración del terreno



Tipo= B

CARACTERÍSTICAS DE VEGETACIÓN
 Po=Umbral de escorrentía

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
31150	Bosques de ribera			76	34	22	16
31160	Laurisilva macaronésica			90	47	31	23
31200	Bosques de coníferas			90	47	31	23
31210	Bosques de coníferas de hojas aciculares			90	47	31	23
31220	Bosques de coníferas de hojas tipo cupresáceo			90	47	31	23
31300	Bosque mixto			90	47	31	23

Po= 47
 C= 0,25

CAUDAL
 C= Coeficiente de escorrentía
 I=Intensidad total
 A=Superficie de la cuenca
 K=Coeficiente de uniformidad

Q= 56,78 (m3/seg)

Ilustración 54 Caudal correspondiente a cubierta vegetal de coníferas
 Fuente: Elaboración propia

Introducción siguientes actividades: Mediante las siguientes actividades se pretende que el alumno observe la influencia de la cubierta vegetal sobre la escorrentía y por consiguiente sobre el caudal de un cauce.

A.40. **(Opcional)** ¿Qué pasaría si se talaran todos los árboles dejando sólo los matorrales? ¿Y si se construyeran invernaderos en toda la superficie de la cuenca? ¿Cómo va a afectar al caudal?

A continuación, vamos a cambiar nada más que el valor de P_o , en este caso los datos serían:

- a. Vamos a suponer que se talan todos los árboles de la cuenca y se queda solo la cubierta de matorrales:
 - i. Uso de suelo: Matorral (le corresponde el código: 32312)
 - ii. Grupo de suelo : B (quiere decir que tiene una infiltración moderada)
 - iii. Pendiente: en este caso no influye.

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
32312	Matorralessubarbustivoso arbustivos muy poco densos			60	24	14	10

Tabla 2 P_o para uso de suelo de matorral

Fuente: Elaboración propia

- b. Vamos a suponer que construyen invernaderos en toda la superficie de la cuenca:
 - i. Uso de suelo: Invernadero o improductivo (le corresponde el código: 1111)
 - ii. Grupo de suelo : B (quiere decir que tiene una infiltración moderada)
 - iii. Pendiente: en este caso tampoco influye.

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
1111	Tejido urbano o improductivo			1	1	1	1

Tabla 3 P_o para uso de suelo de invernadero

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la definición de P_o , analiza los resultados obtenidos y realiza una gráfica para justificar tu respuesta.

Resultados obtenidos:

- En el caso de una cubierta vegetal de coníferas: $P_o=47$
- En el caso de una cubierta vegetal de matorral: $P_o=24$
- En el caso de una cubierta vegetal de invernaderos: $P_o=1$

Comentarios: Al introducir estos valores en la tabla Excel obtenemos los siguientes valores de coeficiente de escorrentía (C):

- En el caso de una cubierta vegetal de coníferas: $P_o=47$ y $C=0,25$
- En el caso de una cubierta vegetal de matorral: $P_o=24$ y $C=0,48$
- En el caso de una cubierta vegetal de invernaderos: $P_o=1$ y $C=0,9$

Si se insertan estos datos en una hoja de cálculo, se obtienen tres valores de caudal, uno si tenemos en cuenta que la cuenca está cubierta por monte (coníferas), otra suponiendo que la vegetación de la cuenca es matorral y por último obtenemos otro caudal considerando que toda la cuenca está cubierta por invernaderos.

- En el caso de una cubierta vegetal de coníferas: $Q= 56 \text{ m}^3/\text{seg}$
- En el caso de una cubierta vegetal de matorral: $Q= 126 \text{ m}^3/\text{seg}$
- En el caso de una cubierta vegetal de invernadero: $Q=324 \text{ m}^3/\text{seg}$

Una vez obtenidos estos resultados los alumnos pueden comprobar sus hipótesis. Se indica a continuación algunas de las conclusiones a las que se puede llegar:

- En el caso de una cubierta vegetal de matorral, cuando se produce una precipitación, la compactación del suelo será mayor que en el caso de una mayor cubierta vegetal. Esto dará lugar a que las grietas y fisuras superficiales se obstruyen impidiendo, o disminuyendo, la infiltración del agua en el suelo.
- En cuanto al tercer caso, no hay vegetación que retenga el agua. Por otro lado, los invernaderos forman una cubierta totalmente impermeable sobre el suelo por lo que no puede producirse infiltración y toda el agua procedente de la precipitación escurre superficialmente.

CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA
 A= Área de la cuenca
 L=Longitud del cauce
 J=Pendiente del cauce

A= 5.822 Ha
 Cota sup= 1.590 m
 Cota inf= 110 m
 Longitud= 24 Km

PRECIPITACIÓN
 Pd=Precipitación diaria



Pd= 117

INTENSIDAD DE LA LLUVIA
 Obtención de valor I1/Id

Coordenadas
 x= 525.064
 y= 4.079.733



I1/Id= 10,5

TIPO DE SUELO
 Infiltración del terreno

Tipo= B



CARACTERÍSTICAS DE VEGETACIÓN
 Po=Umbral de escorrentía

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
32312	Mat orrales subarborescentes o arbustivos muy poco densos			60	24	14	10

Po= 24
C= 0,48

CAUDAL
 C= Coeficiente de escorrentía
 I=Intensidad total
 A=Superficie de la cuenca
 K=Coeficiente de uniformidad

Q= 126,28 (m3/seg)

Ilustración 55 Caudal correspondiente a cubierta vegetal de matorral

Fuente: Elaboración propia

CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA
 A= Área de la cuenca
 L=Longitud del cauce
 J=Pendiente del cauce

A= 5.822 Ha
 Cota sup= 1.590 m
 Cota inf= 110 m
 Longitud= 24 Km

PRECIPITACIÓN
 Pd=Precipitación diaria



Pd= 117

INTENSIDAD DE LA LLUVIA
 Obtención de valor I1/I_d

Coordenadas
 x= 525.064
 y= 4.079.733



I1/I_d= 10,5

TIPO DE SUELO
 Infiltración del terreno

Tipo= B



CARACTERÍSTICAS DE VEGETACIÓN
 Po=Umbral de escorrentía

Código	Uso de suelo	Práctica de cultivo	Pendiente (%)	Grupo de suelo			
				A	B	C	D
1111	Tejido urbano o improductivo			1	1	1	1

Po= 1
C= 0,99

CAUDAL
 C= Coeficiente de escorrentía
 I=Intensidad total
 A=Superficie de la cuenca
 K=Coeficiente de uniformidad

Q= 324,41 (m3/seg)

Ilustración 56 Caudal correspondiente a cubierta de invernaderos

Fuente: Elaboración propia

A.41. **(Opcional)** Relaciona las siguientes imágenes en las que se ha simulado inundaciones con los tres caudales obtenidos anteriormente:

- Caudal teniendo en cuenta una cubierta vegetal de monte:
- Caudal teniendo en cuenta una cubierta vegetal de matorral
- Caudal teniendo en cuenta una cubierta vegetal de invernaderos.

¿Qué conclusiones podemos sacar? ¿La inundación es diferente teniendo en cuenta cubiertas distintas?

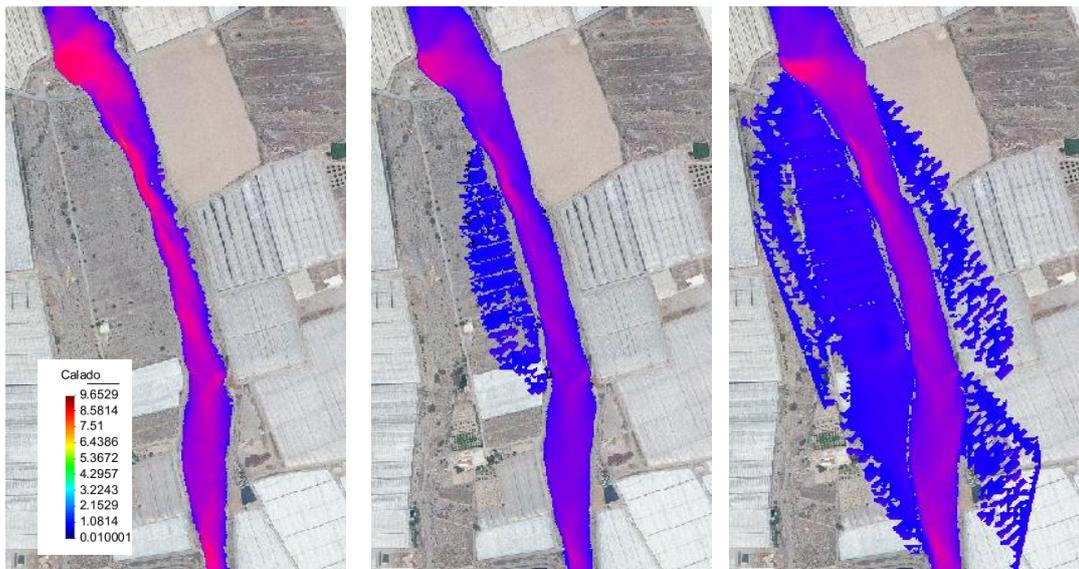


Ilustración 57 Llanura de Inundación función de cubierta vegetal

Fuente: Elaboración propia

Comentarios: En realidad se debería introducir el concepto de periodo de retorno. Pero creo que es un poco complicado para alumnos de educación secundaria o bachillerato. Por otro lado, los cálculos se han hecho para un periodo de retorno de 100 años a pesar de que en realidad la inundabilidad se debería estudiar para un periodo de retorno de 500 años. El problema es que al representar las llanuras de inundación correspondientes a un periodo de retorno de 500 años, la parcela se inundaba incluso con una cubierta vegetal de coníferas en toda la superficie de la cuenca. Por lo tanto, no quedaría claro lo que se intenta demostrar que es: cuanto menor sea la cubierta vegetal mayor es el caudal que lleva el río y peores consecuencias.

A.42. **(Opcional)** Completa la fórmula de cálculo del caudal, colocando en el numerador y/o denominador los siguientes elementos:

C= Coeficiente de escorrentía.

It= Intensidad total

A= Superficie de la cuenca

$$Q = \frac{(*)}{(*) \times 3,6} \times K$$

Resultado:

CAUDAL
 C= Coeficiente de escorrentía
 I=Intensidad total
 A=Superficie de la cuenca
 K=Coeficiente de uniformidad

$$Q = \frac{C \times It \times A}{3,6} \times K$$

Ilustración 58 Expresión de caudal

Fuente: Elaboración propia

Objetivo: Esto se comenta para que vean como los factores que hemos estado considerando a lo largo de la secuencia de “aguas superficiales” son precisamente los que aparecen en la fórmula de caudal.

- La precipitación y la intensidad de la lluvia (It=intensidad total)
- Las características de la cuenca (A=superficie de la cuenca)
- El tipo de suelo (infiltración) y el valor de escorrentía (C=coeficiente de uniformidad)

Así mismo, se busca que los alumnos sean capaces de razonar si estos factores influyen positivamente o negativamente en el caudal.

Como curiosidad, a continuación se muestran todas las fórmulas que hay detrás de los cálculos que hemos hecho.

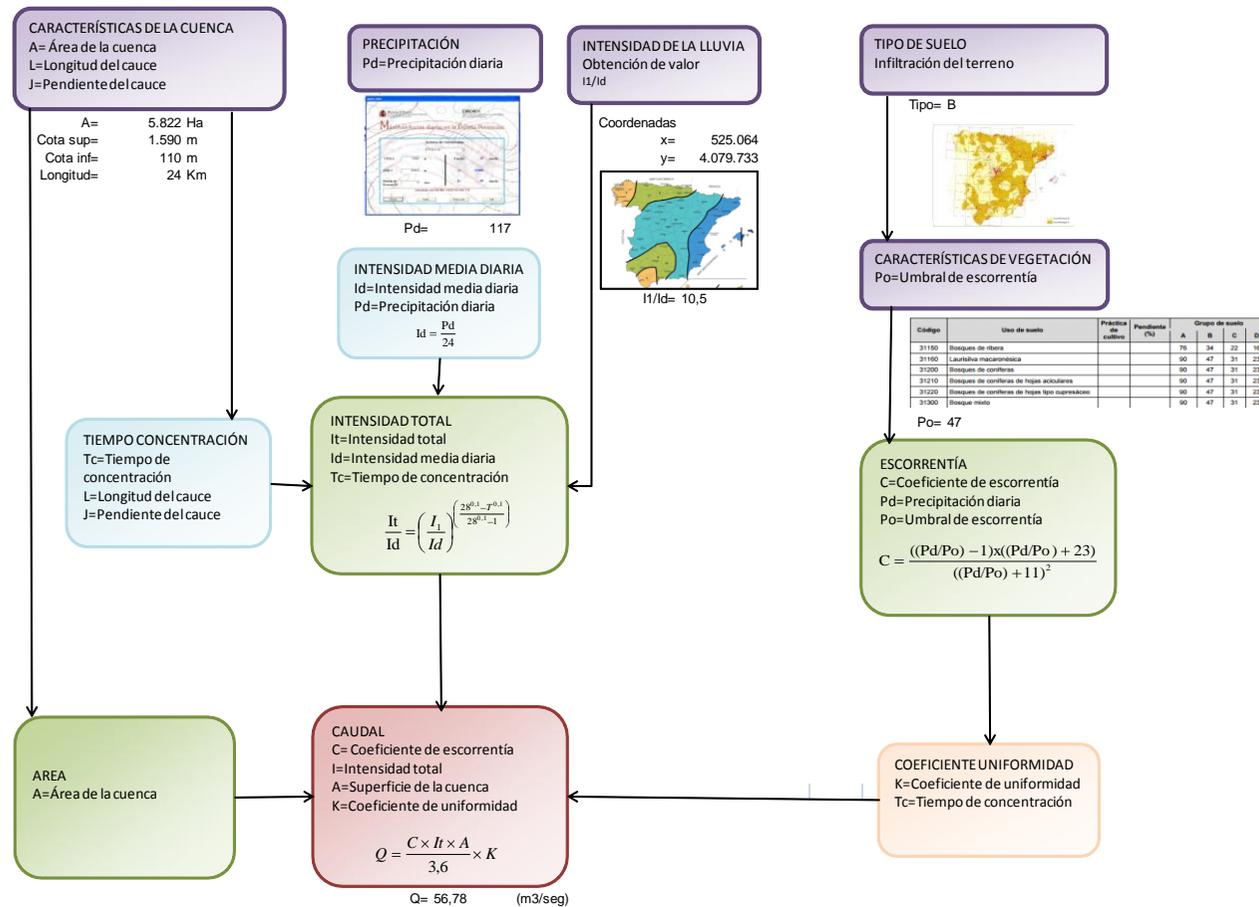


Ilustración 59 Método racional para el cálculo de caudal

Fuente: Elaboración propia

Introducción siguientes actividades: A continuación se propone la lectura de una serie de artículos en los que se recogen algunos de los conceptos trabajados a lo largo de las actividades de la secuencia de “aguas superficiales”.

A.43. **(Opcional)** Lee los titulares de estas noticias:

- *La deforestación es una de las principales causas de las inundaciones en Argentina, Brasil y Paraguay Agregar un comentario (Noticia - 27 diciembre, 2015 Buenos Aires) - El aumento de las precipitaciones y la significativa pérdida de cobertura boscosa en Argentina, Brasil y Paraguay, que se encuentran entre los diez países con más deforestación de todo el mundo, no permitió la natural absorción del agua. La crecida de los ríos limítrofes provocó una de las inundaciones más graves de las últimas décadas y obligó a evacuar a más de 170.000 personas en los tres países.*

<http://www.greenpeace.org/argentina/es/noticias/Greenpeace-la-deforestacion-es-una-de-las-principales-causas-de-las-inundaciones-en-Argentina-Brasil-y-Paraguay/>

- *Consecuencias a nivel local y nacional pérdida de la regulación local del clima.*
<http://global.mongabay.com/es/rainforests/0902.htm>

Después de leer estas noticias, ¿a qué conclusión llegáis?