

Trabajo de Fin de Máster

Máster Universitario en Profesorado de
Educación Secundaria

Especialidad de Biología y Geología

Propuesta didáctica sobre las aguas subterráneas y los suelos en materiales acuíferos

Autora: Maite García Roldán
Tutor: Fco. Javier Sanz Morales

Curso académico: 2020-2021

The logo for the Universidad Pública de Navarra (UPNA) consists of the lowercase letters 'upna' in a red, sans-serif font. The letters are lowercase and have a modern, clean design.

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
2. CONTEXTUALIZACIÓN	7
MARCO PEDAGÓGICO.....	7
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS	11
EDUCACIÓN CIENTÍFICA BASADA EN LA INDAGACIÓN	12
EL TRABAJO COOPERATIVO.....	14
CONTEXTO GENERAL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	16
ERRORES CONCEPTUALES Y DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	21
ANÁLISIS DE LIBROS TEXTO DE 3ºESO SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	23
ANÁLISIS DE LOS CONOCIMIENTOS DEL ALUMNADO DE 3º Y 4º DE ESO SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	27
3. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCE	38
COMPETENCIAS.....	41
CONTENIDOS	43
FUSIÓN DE METODOLOGÍAS	47
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	49
FASE 1: INDAGACIÓN GUIADA	52
SESIÓN 1:	52
SESIÓN 2:	54
SESIONES 3 y 4:.....	58
SESIÓN 5:	61
FASE 2: ACTIVIDADES DE LABORATORIO	64
SESIÓN 6:	66
SESIÓN 7:	71
SESIÓN 8:	74
FASE 3: EVALUACIÓN	75
SESIÓN 9:	75
4. CONCLUSIÓN	79
BIBLIOGRAFÍA.....	81
ANEXOS.....	85

RESUMEN

Este trabajo de Fin de Máster tiene como objetivo capacitar al alumnado de 3º de Educación Secundaria Obligatoria, para que comprenda el papel que juegan las aguas subterráneas en nuestras vidas. Para ello se realizó un análisis de los conocimientos que tiene el alumnado de 3º y 4º de ESO sobre dicho tema. Tras conocer el modelo de pensamiento y las deficiencias que presentan de acuerdo al currículo, se realizó la propuesta de actividades. Dicha propuesta se contextualiza en base a la sobrecarga curricular de las asignatura de Biología y Geología y la desmotivación del alumnado a seguir acudiendo al centro una vez recibidas las calificaciones finales. La secuencia de actividades se ha programado para llevarse a cabo mediante la metodología Educación Científica Basada en la Indagación y el Aprendizaje Cooperativo e incluye varias actividades de laboratorio. La evaluación, por otro lado, se basa en la reflexión del proceso de aprendizaje.

Palabras clave:

Aguas subterráneas, paisaje kárstico, indagación, Aprendizaje Cooperativo, Puzzle.

RESUMEN EN EUSKERA

Master Amaierako Lan honen helburua Derrigorrezko Bigarren Hezkuntzako 3. mailako ikasleak trebatzea da, lurpeko urak gure bizitzan duen papera uler dezaten. Horretarako, DBH 3. eta 4. mailako ikasleek gai honi buruz dituzten ezagutzak aztertu ziren. Pentsamendu-eredua eta curriculumaren arabera dituzten hutsuneak ezagutu ondoren, jardueren proposamena egin zen. Proposamen hori, bi egoera kontuan hartuz prestatu zen: alde batetik, Biologia eta Geologia irakasgaiak duen gainkarga eta bestetik, amaierako kalifikazioak jaso ondoren ikastetxera joaten jarraitzeko motibazio eza. Jardueren sekuentzia Ikerketan Oinarritutako Zientzia Irakaskuntzan eta Ikaskuntza Kooperatiboan oinarritzen da eta laborategiko zenbait jarduera barne hartzen ditu. Ebaluazioa, bestalde, ikaskuntza-prozesuaren hausnarketan oinarritzen da.

Hitz gakoak:

Lurpeko urak, paisaia karstikoa, ikerketa, Ikaskuntza Kooperatiboa, Puzzle.

RESUMEN EN INGLÉS

This Master's Thesis Project aims to enable students in the 3rd year of ESO to understand the role underground water plays in our lives. In order to achieve this, an analysis of the knowledge that 3rd and 4th grades of Compulsory Secondary Education students have on this topic was conducted. After analysing the thinking model and the deficiencies that they present according to the curriculum, a proposal of activities was made. This proposal is contextualised on the curricular overload of the subject of Biology and Geology and the students' lack of motivation to continue attending to school once they have received their final marks. The sequence of activities has been programmed to be carried out using inquiry-based methodology and Cooperative Learning, and it includes several laboratory activities. Assessment, on the other hand, is based on reflection of the learning process.

Key words:

Underground water, karst landscape, inquiry, Cooperative Learning, Puzzle.

1 INTRODUCCIÓN

Los cambios socio-culturales y las nuevas tecnologías de la información están dando lugar a una nueva cultura del aprendizaje. En la sociedad de la información el entorno escolar no es la fuente principal de conocimiento. Esto es debido a que somos bombardeados por numerosas fuentes desde muy pequeños. Como consecuencia, el alumnado suele tener conocimientos procedentes del cine, la televisión o los medios de comunicación antes de llegar al aula. La información que reciben suele ser fragmentada o incluso deformada, por lo que los estudiantes necesitan adquirir las herramientas necesarias para buscar, seleccionar, organizar e interpretar dicha información (*El constructivismo en la práctica, 2000*).

Por otro lado, debido al ritmo acelerado de los avances tecnológicos y científicos, gran parte de los contenidos que aprende hoy el alumnado estará desfasado en un futuro próximo. Por ello, es imperativo dotarlos con capacidades que les permitan convertirse en aprendices flexibles y autónomos. De este modo, “aprender a aprender” sobresale como la competencia esencial que debe asegurar el Sistema Educativo. Y en esta línea, el currículo de ciencias es una de las vías para que el alumnado aprenda a aprender y adquiera estrategias y capacidades que le permita enfrentarse a los retos de esta sociedad cambiante (*El constructivismo en la práctica, 2000*).

La enseñanza de las ciencias adquiere especial relevancia para que el grueso de la sociedad pueda comprender aspectos relacionados con la ciencia que están a la orden del día. Hoy por hoy el ejemplo más significativo es el que nos ha dejado la pandemia del *Covid-19*, pero no es el único, ya que la problemática del agua afecta ya a miles de millones de personas que no tienen acceso a agua potable y saneamiento (Naciones Unidas, s.f.).

Hoy en día el agua es uno de los bienes más preciados por el ser humano, ya que además de ser fundamental para la vida, se emplea en industria y agricultura y es el elemento básico de la higiene y la limpieza. Sin embargo, peligra ante el crecimiento poblacional, que ha incrementado la demanda sobre este recurso natural (Harlen, 2010). Además, el derretimiento de los casquetes polares y los glaciares debido al calentamiento global amenaza la cantidad de agua dulce del planeta, ante lo cual, la adecuada gestión de las aguas subterráneas se vuelve imprescindible.

Ante esta situación, es indispensable tratar el agua subterránea en la Educación, de forma que se dote al alumnado de recursos que le permitan adquirir una actitud crítica para con el tema. A través de este Trabajo de Fin de Máster se pretende ofrecer una propuesta didáctica que aborde la importancia que tiene este recurso en un contexto local.

2 CONTEXTUALIZACIÓN

MARCO PEDAGÓGICO

El constructivismo es la corriente pedagógica que impera hoy en día, aunque a lo largo de la historia ha habido muchas otras. Se trata de una corriente de pensamiento surgida a mediados del siglo XX que defiende que el conocimiento no es una copia fiel de la realidad, sino una construcción realizada por el ser humano (Ortiz, 2015).

Partiendo de la idea de que cada ser humano es un activo constructor de su realidad y lo hace siempre mediante la interacción con otros, el modelo constructivista entiende el proceso de enseñanza-aprendizaje como la interacción dialéctica entre el docente y el estudiante. Se trata de una sucesión en la que se asimila, se integra y se ordena la nueva información con la que ya se tenía. En consecuencia, se produce una síntesis productiva y significativa de conocimiento, que no es otra cosa que el aprendizaje (Ortiz, 2015).

Con el transcurso de los años, diversos autores han planteado distintas teorías, siendo las más representativas la teoría cognitiva de Piaget, la teoría del aprendizaje

significativo de Ausubel y la teoría del aprendizaje social de Vygotsky, que se detallan a continuación.

La teoría cognitiva de Piaget defiende que el aprendizaje tiene lugar gracias a dos procesos: la asimilación y la acomodación de información. Según esta teoría, conforme un individuo crece y aprende construye esquemas de conocimiento. Cuando el individuo entra en contacto con los objetos de su alrededor asimila la nueva información y la integra en los esquemas de conocimiento que ya poseía, lo que Piaget denominó acomodación. De este modo, el individuo construye nuevas estructuras de pensamiento (Ortiz, 2015).

En segundo lugar, la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel defiende que el individuo integra las nuevas ideas con aquellas que ya tenía. Para ello se combinan tres aspectos: el aspecto lógico, el cognitivo y el afectivo. El primero de todos se refiere a la coherencia del material a aprender, mientras que el segundo hace alusión al desarrollo de habilidades de pensamiento y de procesamiento de la información. El tercero en cambio, se refiere a que la condición emocional del docente y del estudiante favorecen o entorpecen el proceso de enseñanza-aprendizaje (Ortiz, 2015).

Finalmente, la teoría del aprendizaje social de Vygotsky defiende que el aprendizaje es el resultado de la interacción con el medio. De este modo, este autor resalta la importancia de la zona de desarrollo próximo, que es donde se produce el aprendizaje de las nuevas habilidades. En esta zona están las habilidades que los estudiantes no pueden hacer de forma independiente y por tanto, necesitan de un experto (Ortiz, 2015).

Por tanto, el aprendizaje escolar puede entenderse como un proceso de construcción y reconstrucción del conocimiento, siendo el estudiante el máximo responsable de su propio proceso de aprendizaje. Sin embargo, no se trata de un proceso individual, ya que se aprende a través de la interacción con otras personas. La enseñanza en cambio, puede definirse como la ayuda que presta el docente en este proceso de construcción (*El constructivismo en la práctica, 2000*). Tanto el aprendizaje como la enseñanza están determinados por un contexto que influye en el docente y en el

estudiante, de tal forma que el aprendizaje no es el mismo para todas las personas, por lo que el proceso de enseñanza-aprendizaje tiene distintos resultados en el alumnado (Ortiz, 2015).

La concepción constructivista del aprendizaje y de la enseñanza se vincula con un planteamiento curricular abierto y flexible. Sin embargo, la educación obligatoria de hoy en día aboga por el establecimiento de una secuenciación de contenidos que juzga imprescindibles y que dan coherencia y continuidad al aprendizaje a lo largo de la escolarización (*El constructivismo en la práctica, 2000*).

Pero raramente se consigue cumplir con lo que detalla el currículo oficial. En realidad, los currículos de ciencias están tan sobrecargados que el currículo que se aplica en el aula dista del propuesto, de forma que muchos de los contenidos que están sobre el papel, en la práctica apenas se imparten o se presentan de forma superficial y acelerada. Por otro lado, este currículo que aplican los docentes no es el que aprenden los estudiantes. Como bien es sabido, muchas de las cosas que se enseñan apenas llegan a asimilarse (*El constructivismo en la práctica, 2000*).

Asimismo, el enfoque constructivista, al defender que el conocimiento no es una copia exacta de la realidad, aboga por que el aprender y el enseñar no se resuman en la repetición y la acumulación de conocimientos. Por el contrario, el aprendizaje escolar sigue hoy en día exigiendo que el alumnado reproduzca el contenido impuesto por los currículos (*El constructivismo en la práctica, 2000*).

En consecuencia, la percepción que tienen los estudiantes de las asignaturas de ciencias es bastante negativa. Marbà-Tallada y Márquez concluyeron que las actitudes favorables hacia las clases de ciencias disminuyen a lo largo de la escolarización, habiendo estudiado la apreciación de los estudiantes desde sexto de Primaria hasta cuarto de ESO. Al final de la educación obligatoria piensan que las ciencias son difíciles, poco interesantes y con poca relación con su vida cotidiana (*Marbà-Tallada y Márquez, 2010*). Por otro lado, el alumnado español de 15 años reconoce la contribución de la ciencia a la comprensión del mundo y al avance económico y social, aunque no reconoce la aportación que hacen las ciencias en su vida personal (*Gil-Flores, 2012*). Al final, la percepción que tiene la mayoría del

alumnado de las asignaturas de ciencias, es que resultan más difíciles que el resto y por tanto no gustan (Pérez, 2020).

David Ausubel dijo “*Nadie aprende realmente aquello que no quiere aprender*”. Diversos autores defienden que el interés hacia la ciencia es un componente útil para mejorar su enseñanza y el aprendizaje (Vázquez y Manassero, 2007). Aprendizaje e interés aparecen como conceptos complementarios en la educación, debido a que el interés es un resorte que estimula e induce el aprendizaje y a su vez, el aprendizaje contribuye a consolidar el interés de los estudiantes por aprender (Vázquez y Manassero, 2007).

Generalmente, el fracaso del proceso de enseñanza y aprendizaje está relacionado con una falta de motivación de ambas partes: alumnado y docente. En el caso de los estudiantes, se ha visto que están realmente motivados cuando consideran que el aprendizaje es útil, necesario e interesante. Por tanto, el modo de motivar a los estudiantes se basa en despertar necesidades, intereses, deseos y curiosidad. El docente puede activar la motivación de los estudiantes mediante el estudio de situaciones reales, seleccionando estrategias más adecuadas, como el trabajo cooperativo interdisciplinar y buscando nuevos recursos que promuevan su interés (Tricárico, 2010).

Así pues, el papel del profesor en el marco constructivista de la educación, no es el de un simple espectador. Al contrario, ha de favorecer y orientar una actividad mental constructiva en la dirección que señalan los contenidos de aprendizaje, al mismo tiempo que despierta el interés de sus estudiantes y corrige las posibles ideas erróneas que puedan haber adquirido de su relación con el mundo (*El constructivismo en la práctica*, 2000).

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Hoy en día, la permanente información sobre nuevos conocimientos y avances tecnológicos nos invade, de manera que nuestra escala de valores puede verse influenciada por estos, tómese como ejemplo la clonación. Sin embargo, la carencia de conocimientos científicos y tecnológicos les impide, a las personas que carecen de cultura científica, tomar posiciones críticas ante determinada información. En este contexto, el propósito de la enseñanza de las ciencias naturales debería ser favorecer la alfabetización científica de los ciudadanos, procurando que desarrollen actitudes y comprendan conceptos que les permitan participar ante la información emergente. Ese debería ser el objetivo principal de la educación en ciencias, tal y como se recoge en los diez principios de la educación en ciencias (Harlen, 2010).

Además, entre los diez principios de la educación en ciencias se habla de establecer una progresión de ideas científicas y competencias que abarque todas las etapas escolares, promoviendo temas que sean de interés para los estudiantes y que tengan relevancia en sus vidas. Resaltan por otro lado, la importancia de una evaluación formativa y sumativa y la necesidad de promover la cooperación entre profesores y comunidad científica para reflejar el verdadero pensamiento científico (Harlen, 2010).

Para ello, es imprescindible considerar como meta educativa el desarrollo de capacidades, en lugar de los contenidos específicos de cada materia, y concebir estos como medios para lograr dichos fines (*El constructivismo en la práctica, 2000*). Asimismo, se detallan diez grandes ideas en ciencia y cuatro ideas acerca de la ciencia como base para crear un conocimiento básico que el alumnado debería adquirir antes de terminar la escuela.

La progresión de aprendizaje que se propone en los diez principios de la educación recuerda a los NGSS de Estados Unidos (*Next Generation Science Standards*), que recomienda estructurar la educación en ciencias entorno a tres pilares: prácticas científicas y de ingeniería, conceptos transversales que unifiquen el estudio de las ciencias y las ideas centrales de las principales disciplinas de las ciencias naturales (Next Generation Science Standards For States, By States, Appendix G).

Por otro lado, Estados Unidos promueve una educación basada en la relación entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS) y enfoca su atención en problemas medioambientales. Uno de los pilares de esta aproximación es que los avances científico-tecnológicos pueden tener graves repercusiones sociales y medioambientales. Por ello, a pesar de que no cursen carreras en campos científicos, afirman que a los estudiantes se les exigirá tomar decisiones de carácter científico que tengan impacto en estos ámbitos. De este modo, concluyen que es importante que los docentes se involucren en la enseñanza de las complejas interacciones entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente (Next Generation Science Standards For States, By States, Appendix J).

EDUCACIÓN CIENTÍFICA BASADA EN LA INDAGACIÓN

En el marco teórico de la Didáctica de las Ciencias, la Educación Científica Basada en la Indagación (ECBI) no es novedosa y se propone para solventar los problemas surgidos por la falta de interés del alumnado. Es considerado un método de enseñanza apropiado para hacer protagonista al alumnado en la construcción de su propio aprendizaje, debido a que plantea la resolución de problemas como un proceso de investigación. Además, dado que el alumnado se sumerge en un proceso de investigación dirigida por el docente, se trata de un método coherente con las aportaciones de Vygostki sobre la zona de desarrollo próximo y el papel del adulto en el proceso de enseñanza-aprendizaje que defiende el constructivismo (Fernández y González, 2013).

Al plantearse como una investigación, el primer paso es intentar dar respuesta a una pregunta investigable, basada en la observación de la realidad y que plantee un problema concreto. Ante dicha pregunta, el alumnado deberá pensar una posible explicación, para lo que necesitará realizar una búsqueda bibliográfica. La búsqueda de posibles explicaciones trae a la memoria las ideas que se tienen y permiten formular una o varias hipótesis (Fernández y González, 2013).

Posteriormente se planifica una exploración, pensando en los instrumentos, materiales y variables que se necesitan definir. Tras la ejecución de la investigación, se interpretan los datos obtenidos, que servirán de evidencia para formular una conclusión. Dicha conclusión servirá para aceptar o rechazar la hipótesis formulada y responder a la pregunta inicial. En el transcurso de la actividad se consiguen pruebas que acrediten o desmientan las ideas que previamente se tenían (Fernández y González, 2013).

Esta metodología se fundamenta en un proceso sistemático de varias etapas: focalización, exploración, reflexión, aplicación y evaluación. Cada institución o docente puede modificar la secuencia y el nombre de las etapas, siempre que se cubran todos los apartados (Uzcátegui y Betancourt, 2013).

En la primera etapa se alienta el interés y la motivación de los estudiantes ante una situación problema (observación, noticias, etc.) y se plantea la pregunta investigable. En la etapa de exploración los estudiantes desarrollan su investigación, elaborando ellos mismos sus procedimientos y argumentando, razonando y confrontando distintos puntos de vista. En la siguiente etapa, los estudiantes formulan las conclusiones a las que han llegado y en la etapa de aplicación deberán extrapolar el aprendizaje a eventos cotidianos. Finalmente, la última etapa se refiere a la evaluación, que ha de ser formativa y centrada en competencias. Para ello, el docente ha de hacer un seguimiento de la transformación del conocimiento desde la primera etapa hasta la etapa de aplicación (Uzcátegui y Betancourt, 2013).

El objetivo de la metodología ECBI es que el alumnado desarrolle sus habilidades científicas a través de la visión de los científicos. Es decir, que comprenda cómo actúa la ciencia. Permite el enfoque interdisciplinar, haciéndole ver al alumnado que los hechos no se dan de forma aislada y pone de manifiesto la importancia de que el conocimiento no se aplica por partes, sino de una manera integradora. Además, los estudiantes interiorizan que el saber se extingue, que no es eterno, que los errores no son un obstáculo para aprender, sino un componente del proceso de aprendizaje y que la ciencia no es una sucesión de pasos lineales. De este modo, trabajando el método científico se comprende el progreso del conocimiento (Uzcátegui y Betancourt, 2013).

Por otro lado, a través del trabajo cooperativo se traslada el carácter social de la ciencia al aula. Así, el aula se organiza en grupos mixtos y heterogéneos para realizar trabajos académicos de forma coordinada y profundizar en los estudios (Naranjo, Pedragosa, y Riera, 2008). Además, la cooperación es compatible con el desarrollo de las habilidades sociales. La comunicación es imprescindible en este tipo de metodologías y para comunicarse hay que organizar, verbalizar, intercambiar, argumentar y enfrentar ideas y opiniones. Para cumplir con todo esto, el profesorado debe fomentar la autonomía del estudiante, ayudándole a que desarrolle la confianza en sí mismo, animándole a que se exprese a su manera, en lugar de hacerle memorizar elementos.

EL TRABAJO COOPERATIVO

En esta propuesta didáctica se plantea el uso del trabajo cooperativo a través de la técnica cooperativa del Puzzle y la estructura cooperativa simple uno, dos, cuatro.

El Aprendizaje Cooperativo es aquella situación de aprendizaje en la que los estudiantes trabajan conjuntamente y de forma coordinada para resolver una tarea. La interacción cooperativa favorece el desarrollo de distintas habilidades que producen un aprendizaje más profundo, muchas de las cuales no podrían desarrollarse de manera individual (Zariquiey, 2015).

El Aprendizaje Cooperativo se fundamenta sobre cinco ingredientes:

1. Interdependencia positiva: todos los miembros del grupo son necesarios para que la tarea pueda realizarse con éxito. Es decir, no es posible que un miembro del grupo realice la tarea por sí solo.
2. Exigibilidad individual: los miembros del grupo son responsables tanto del trabajo individual como del trabajo de grupo.
3. Interacción simultánea: los estudiantes se prestan ayuda unos a otros, se animan y se apoyan en su esfuerzo por cumplir la tarea.
4. Habilidades interpersonales y de grupo: esta práctica se basa en la capacidad de escucha, el respeto a la opinión del resto y la capacidad de argumentación.
5. Autoanálisis del grupo: los integrantes del grupo reflexionan sobre el proceso llevado a cabo, destacando sus puntos fuertes y débiles.

En el Aprendizaje Cooperativo se establecen ocho procesos básicos que hay que tener en cuenta para el desarrollo de una secuencia didáctica cooperativa (Zariquiey, 2015):

1. Orientación hacia la tarea: se trata de orientar al alumnado hacia el trabajo a realizar.
2. Motivación: consiste en despertar el interés del alumnado hacia los contenidos a trabajar.
3. Activación de conocimientos previos: consiste en que los estudiantes exploren lo que saben sobre los contenidos de cara a utilizar sus conocimientos previos para construir el aprendizaje.
4. Presentación de contenidos: consiste en presentar los contenidos de formas diversas y eficaces, tales como la proyección de películas, el desarrollo de investigaciones, el estudio de casos, la realización de exposiciones o el trabajo de textos.
5. Procesamiento de la nueva información: el alumnado trabaja los contenidos de forma que los recuerde, comprenda, aplique, descomponga y los utilice para evaluar situaciones y crear productos.
6. Recapitulación: consiste en revisar el trabajo realizado mediante resúmenes, esquemas, mapas conceptuales, diarios de aprendizaje, etc. que permitan tomar conciencia de lo aprendido.
7. Transferencia: consiste en que el alumnado relacione los contenidos con su vida cotidiana y otras áreas.
8. Metacognición: se trata de que el alumnado reflexione sobre su propio proceso de aprendizaje, identificando lo que han aprendido y lo que todavía necesitan mejorar.

La técnica de Aprendizaje Cooperativo conocida como Puzzle consiste en dividir al alumnado en pequeños grupos y asignarles a todos ellos la misma tarea. Los estudiantes de cada grupo se reparten el material a investigar en partes independientes. Tras una lectura individual, tiene lugar la reunión de expertos, en la que los miembros de grupos distintos pero que hayan trabajado la misma parte se reúnen. Las reuniones de expertos sirven para profundizar sobre el tema de estudio,

de forma que los estudiantes intercambien opiniones. Posteriormente, los integrantes del grupo de origen se reúnen de nuevo para que cada miembro explique su parte al resto. Así, a modo de rompecabezas, cada estudiante es esencial para alcanzar el objetivo final de la tarea (Universitat Pompeu Fabra Barcelona, s.f.)

La estructura simple uno, dos, cuatro es una estructura de carácter cooperativo que se basa en agrupar al alumnado en equipos heterogéneos de cuatro personas y plantear un problema o pregunta. Cada estudiante dedica unos minutos a resolver la tarea de manera individual, tras lo cual pone sus ideas en común con otro integrante del grupo. Finalmente, las dos parejas contrastan las respuestas y llegan a una solución o respuesta consensuada (Centro Nacional de Desarrollo Curricular en Sistemas No propietarios (s.f.)

CONTEXTO GENERAL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

El agua cubre el 70% de la superficie del planeta Tierra. El 97,5% del total del agua se encuentra en los océanos y el restante 2,5% corresponde al agua dulce. Más de $\frac{2}{3}$ de ese agua dulce se almacena en los glaciares y los casquetes polares, mientras que el 30,1% lo hace en forma de aguas subterráneas. Estas formas de agua no son utilizables de forma directa por el ser humano. Únicamente el 0,4% del agua dulce que corresponde al agua dulce superficial lo es (FAO, 2002).

El agua es fundamental para la vida, ya que es el factor indispensable para llevar a cabo los procesos biológicos. Por tanto, todos los ecosistemas dependen, en mayor o menor medida, de ella. Constituye casi dos terceras partes del cuerpo de los seres vivos, aunque las proporciones cambian entre especies. Está presente en todos los tejidos corporales, interviene en la regulación de la temperatura corporal y transporta nutrientes y oxígeno (el plasma se compone mayoritariamente de agua).

A su vez, es el elemento básico de la higiene y la limpieza y tiene uso industrial y agrario. El agua limpia, junto con la mejora de los alimentos y el desarrollo de las medicinas, ha aumentado la esperanza de vida del ser humano. Sin embargo, el crecimiento poblacional resultante ha incrementado la demanda sobre los recursos naturales y el espacio en la superficie de la tierra para incrementar la producción de alimentos, la construcción de vivienda y el depósito de desechos (Harlen, 2010).

Muchas de las civilizaciones primitivas se establecieron allí donde había agua subterránea. Con el transcurso del tiempo, el hombre pasó de utilizar estas aguas para beber a emplearlas en las actividades que el ser humano iba desarrollando: agricultura de regadío, industria, etc. (Instituto Geológico y Minero de España [IGME], 2009).

Para poder abastecer la demanda de agua se comenzó a extraer agua subterránea. En la actualidad, las aguas subterráneas abastecen en España a casi el 30% de la población. El volumen de agua anual que se extrae de los acuíferos corresponde al 22% del agua total utilizada. De esta, entre el 75% y el 80% se emplea en regadío y el resto se dedica a usos urbanos e industriales (IGME, 2009).

Debido a las extracciones de miles de millones de litros de agua subterránea que han tenido lugar en las últimas décadas, está teniendo lugar una desecación paulatina de los ecosistemas fluviales de todo el mundo. Esto se debe a que el agua subterránea mantiene el curso de los ríos incluso cuando la sequía afecta a su caudal. Las extracciones tienen lugar a una velocidad mayor de lo que tarda en reabastecerse el agua subterránea, lo que tiene graves consecuencias, especialmente en las regiones de clima árido y semiárido. Además, la comunidad científica advierte de que las consecuencias de la sobreexplotación del agua subterránea tardan años o décadas en manifestarse (Borunda, 2020b).

Algunos autores apuntan a que para el 2050 entre el 40 y el 79% de las cuencas hidrográficas donde se producen extracciones traspasarán el umbral ecológico crítico. Esto supondría una amenaza para la flora y fauna de muchos ríos y arroyos de todo el mundo. También se vería amenazada nuestra forma de vida actual, debido a que

casi el 40% de los alimentos se cultivan con estas aguas. Además, muchas personas dependen de estas fuentes para tener agua potable (Borunda, 2020b).

Toda esta agua extraída va a parar a los océanos, por ello y según los científicos, el derretimiento de los casquetes polares no es el único factor que produce el aumento del nivel del mar. La extracción del agua subterránea, así como el drenaje de humedales y la deforestación se convertirán dentro de poco en factores a tener en cuenta (National Geographic, 2012a).

Por otro lado, la comunidad científica alerta de que el suministro de agua dulce a escala planetaria pelagra ante la desaparición de los recursos hídricos de alta montaña. La nieve y los glaciares que cubren las montañas son fundamentales para más del 20% de la población actual del planeta y sin embargo, pocos saben que las regiones de alta montaña están calentándose más deprisa que el resto de lugares de nuestro planeta. El deshielo lento y constante es necesario para asegurar un suministro hídrico estable y predecible para los pueblos, las ciudades, los usos industriales y agrarios y el mundo natural (Borunda, 2020a).

En consecuencia, conforme aumentan la población y la demanda de alimentos y el cambio climático provoca el derretimiento de casquetes polares y glaciares y agrava las sequías, es probable que empeoren las presiones a las que estará sometida el agua subterránea y en consecuencia, los ríos y arroyos (Borunda, 2020b). No es prudente pensar que esto es un problema del futuro, ya que el desaprovechamiento y la desigualdad en el reparto del agua nos lleva a que cada año miles de personas mueran por culpa de su falta. Los ecosistemas también se ven afectados enormemente, y los de agua dulce son esenciales para la supervivencia humana, ya que suministran la mayor parte de agua potable que consume la población (National Geographic, 2012b).

Ante esta situación, en 2015, los líderes mundiales adoptaron una nueva agenda de desarrollo sostenible en la que establecieron unos objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad. Estos objetivos son conocidos como ODS, Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, s.f.). En relación a las aguas subterráneas, destacan los objetivos 6, 12 y 15.

El objetivo 6 versa sobre garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento. Y es que, aunque se ha progresado a la hora de ampliar el acceso al agua potable y el saneamiento, existen miles de millones de personas que aún carecen de estos servicios básicos. El National Institute for Transforming India Aayog publicó un informe afirmando que alrededor de 200.000 personas mueren cada año en la India por falta de acceso a agua potable (Brady, 2020).

La pandemia de la COVID-19 ha evidenciado la importancia que tiene el saneamiento, la higiene y un acceso adecuado a agua limpia para prevenir y contener enfermedades. Según los datos que aportan, una de cada tres personas no tiene acceso a agua potable salubre y dos de cada cinco personas no disponen de una instalación básica destinada a lavarse las manos. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, el lavado de manos es una de las acciones más efectivas que se pueden llevar a cabo para evitar la propagación de patógenos (Naciones Unidas, s.f.).

Entre las metas de este objetivo destacan, por un lado, asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y de este modo, reducir considerablemente el número de personas que sufren su falta. Por otro lado, lograr el acceso universal y equitativo del agua potable a un precio asequible para todos (Naciones Unidas, s.f.).

En segundo lugar, el objetivo 12, sobre el consumo y producción sostenibles, fija como meta la gestión sostenible y uso eficiente de los recursos naturales, de forma que se reduzca la liberación de productos químicos, entre otros, al agua. Finalmente, el objetivo 15 sobre la vida de los ecosistemas terrestres, tiene como meta la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas interiores de agua dulce (Naciones Unidas, s.f.).

A pesar de ser un bien básico al que todo ser humano debería tener acceso, en diciembre del 2020 el agua de California entró a cotizar en bolsa. Entre las causas que empujaron este suceso se citan los incendios que tuvieron lugar ese mismo año. Este paso en la privatización del agua tendrá como consecuencia que, al tratarse de un bien cada vez más escaso, su precio suba, lo que hace que los inversores lo consideren una apuesta segura (Luís Flores, entrevista 2020 El Salto Diario).

No es este el único lugar con una crisis hídrica. Entre enero y abril de ese mismo año, la fundación Ayuda en Acción denunció que debido al conflicto social derivado de la privatización del agua murieron en Bolivia 6 personas y 176 resultaron heridas (García, 2020).

Ante este panorama, se propone un enfoque basado en el concepto transversal de causa y efecto que tenga como punto de partida un problema socioambiental. Este enfoque tiene cabida en la cuarta gran idea acerca de la ciencia: las aplicaciones de la ciencia tienen con frecuencia implicaciones éticas, sociales, económicas y políticas. Para ello se enmarcan las aguas subterráneas dentro de las ideas centrales “*The roles of water in Earth’s surface processes*” y “*Natural resources*”, de los NGSS (Next Generation Science Standards For States, By States, Appendix E). El primer bloque trata el ciclo del agua y el agua como agente modelador del paisaje en la etapa escolar equivalente a 1º y 2º de ESO, aunque el currículo español establece estos contenidos en 1º y 3º de ESO, respectivamente. El segundo bloque trata sobre la disponibilidad y el uso de recursos naturales por parte del ser humano en la etapa correspondiente a 3ºESO-2ºBach.

ERRORES CONCEPTUALES Y DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Los resultados del aprendizaje no dependen exclusivamente de las experiencias que tienen lugar en el aula y esto es debido a que la interacción con el entorno es fuente de conocimiento. Por lo tanto, también influyen los conocimientos previos, las concepciones y las motivaciones de del alumnado (Pedrinaci, 1987).

Actualmente, el sistema educativo no es el único camino de transmisión cultural, y por tanto, el alumnado llega al aula con creencias erróneas. Los errores conceptuales, ideas alternativas o ideas previas, son un conjunto de ideas erróneas que distan de las teorías científicas y que los estudiantes traen consigo antes de los aprendizajes formales. Se trata de concepciones que se elaboran para poder comprender, predecir y explicar distintos fenómenos y sucesos naturales y constituyen modelos de conocimiento (*Tricárico, 2010*).

Algunas concepciones parecen generarse tras la interpretación personal de procesos observados en la vida cotidiana. Sin embargo, también es posible que aparezcan por la influencia del entorno socio-cultural, los medios de comunicación o los libros de texto y otros materiales de aprendizaje que emplean terminología ambigua (*El constructivismo en la práctica, 2000*).

En el mundo de la enseñanza los errores conceptuales son considerados como impedimentos debido a que obstaculizan el aprendizaje significativo. La fuerte resistencia al cambio que muestran estas ideas indica que resultan útiles al no disponer de otras explicaciones más eficaces. En la actualidad se propone detectar las ideas previas de los estudiantes y provocar la interacción con las nuevas ideas para llevar a cabo el cambio conceptual y el reemplazo de los conocimientos erróneos.

Una vez detectadas las ideas previas de los estudiantes el profesorado puede adoptar dos estrategias: tratar de erradicarlos o apoyarse en ellos de tal forma que sean conscientes de ellos y los corrijan (Pedrinaci, 1987). Tal y como afirmó David P. Ausubel, “*el factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente*”.

Para que el cambio conceptual tenga lugar, es fundamental desarrollar una didáctica que logre conocer esas concepciones y trabajar a partir de ellas, por ejemplo mediante el planteamiento de problemas e interrogantes que lleven a los estudiantes a reflexiones (Tricárico, 2010).

En cuanto al tema de estudio, tanto los estudiantes como los ciudadanos en general tienen ideas erróneas en relación al agua subterránea. Entre estas ideas destacan el desconocimiento de su procedencia, funcionamiento y localización, su olvido dentro del ciclo del agua, el creerlas excesivamente vulnerables, o la desvinculación con las aguas superficiales (Fernández y González, 2013). Tal y como apunta Santana et al., la relación entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas no se desarrolló hasta muy entrado el siglo XX. Aún hoy, la mayoría de las veces se toma la escorrentía superficial como la parte visible del ciclo hidrológico, quedando las aguas subterráneas relegadas a lo desconocido (Santana, Cabrera, y Pérez-Torrado, 2015).

Se cree que el problema proviene, probablemente, de la forma de explicar este ciclo, ya que en numerosas ocasiones se hace de forma parcial, obviando el papel de las aguas subterráneas o simbolizándolas de forma poco precisa (Santana, Cabrera, y Pérez-Torrado, 2015). Concretamente, se obvia la representación de la ocupación de los poros del terreno y las aguas subterráneas son dibujadas como “embalses bajo tierra” o “cuevas llenas de agua” (Santana, Cabrera, y Pérez-Torrado, 2015). Sin embargo, Fernández y González encontraron que el alumnado presenta dificultades para entender los conceptos de porosidad, permeabilidad y flujo subterráneo, así como para visualizar espacialmente las formaciones geológicas (Fernández y González, 2013). A esto hay que sumarle las dificultades de entendimiento que supone un fenómeno oculto a la vista y que requiere un nivel de abstracción muy elevado.

Finalmente, hay que tener en cuenta que las aguas subterráneas tienen una escasa presencia en los currículos oficiales (Fernández y González, 2013). Únicamente se trabajan en las asignaturas de Biología y Geología de 1ºESO (ciclo del agua) y 3ºESO (circulación y explotación de las aguas subterráneas), Ciencias Aplicadas a la Actividad Profesional de 4ºESO (contaminación del agua), Geografía de 2ºBach (aguas subterráneas) Geología de 2ºBach (aguas subterráneas) y Ciencias de la

Tierra y del Medio Ambiente de 2ºBach (ciclo del agua y contaminación de las aguas subterráneas).

ANÁLISIS DE LIBROS DE TEXTO DE 3ºESO SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

A continuación se muestran los resultados obtenidos de un análisis realizado sobre el abordaje que hacen los libros de texto de 3ºESO sobre los contenidos relacionados con las aguas subterráneas. Dicho análisis está basado en el trabajo de Fernández, González y Carrillo (2008), que concluyó que las aguas subterráneas tienen poco peso en los libros de texto y los conceptos de porosidad y permeabilidad están ausentes. Además, resaltaron la importancia de subsanar la concepción equivocada que se encontró sobre el término acuífero, que daba una idea no acertada de lo que son las aguas subterráneas y su funcionamiento.

Empleando la misma metodología utilizada por Fernández, González y Carrillo (2008), se estudiaron tres libros de texto de 3º de Biología y Geología actuales, para conocer si había habido o no una evolución en cuanto a este tema. Los libros analizados fueron Edelvives 2015 (García y Hoyas, 2015), Oxford Educación 2015 (Cabrera, 2015) y Bruño 2020 (Panadero y Fuente, 2020). El análisis se realizó teniendo en cuenta las siguientes variables:

1. Cantidad de texto dedicado al agua subterránea
2. Concepto de acuífero
3. Concepto de nivel freático
4. Utilización del término permeabilidad
5. Utilización del término porosidad
6. Tratamiento del agua subterránea solamente caracterizada en el sistema kárstico

Se establecieron las siguientes categorías para el análisis de cada variable:

1. Cantidad de texto dedicado al agua subterránea:

- No trata el tema.
- Se dedica una frase.
- Se dedica un párrafo.
- Se dedica de dos a cuatro párrafos.
- Se dedica una página completa.
- Se dedica la mitad de la unidad didáctica, aproximadamente, conjuntamente con el agua superficial.

2. Concepto de acuífero:

- No utiliza el término y no da una definición.
- Se utiliza definiéndolo como una reserva o depósito de agua.
- Se utiliza definiéndolo como una roca saturada en agua sin hacer mención a un flujo subterráneo por lo que podríamos conceptualizarla como que el agua está estancada o inmóvil.
- Se utiliza definiéndolo como una capa freática formada por la acumulación del agua infiltrada en el subsuelo hasta encontrar una capa impermeable.
- Se utiliza la definición válida y aceptada por la comunidad científica (formación geológica con capacidad para contener y transmitir agua).

3. Concepto de nivel freático:

- No utiliza este término.
- Es definido como la superficie que separa la zona saturada en agua de la zona no saturada dentro de un acuífero.
- Es definido como la superficie de un acuífero.
- Es definido como el límite o nivel superior de la capa freática en un acuífero.
- Es definido como la altura que alcanza el agua subterránea en un acuífero.

Para establecer la utilización de los términos de permeabilidad y porosidad únicamente se anotó si hacían uso de ellos o no. Para la última variable, tratamiento del agua subterránea solamente caracterizada en el sistema kárstico, se establecieron dos opciones, únicamente caracterizado en el karst o caracterización de forma más general.

Tabla 1: Comparación de la variable 1, cantidad de texto dedicado al tema. Elaboración propia.

VARIABLE 1: Cantidad de texto dedicado al tema	Libros de texto (%) año 2008	Libros de texto (%) año 2021
No las trata	5,5	0
Una frase	11	0
Un párrafo	5,5	0
Dos o cuatro párrafos	33	33,33
Una página	33	33,33
La mitad de la unidad didáctica	11	33,33

Tabla 2: Comparación de la variable 2, concepto de acuífero. Elaboración propia.

VARIABLE 2: Concepto de acuífero	Libros de texto (%) año 2008	Libros de texto (%) año 2021
No utiliza	22	0
Depósito o reserva	39	33,33
Roca saturada	33	0
Capa freática	6	33,33
Formación geológica con capacidad para contener y transmitir	0	33,33

Tabla 3: Comparación de la variable 3, concepto de nivel freático. Elaboración propia.

VARIABLE 3: Concepto de nivel freático	Libros de texto (%) año 2008	Libros de texto (%) año 2021
No utiliza	72	0
Superficie que separa la zona saturada de la zona no saturada del acuífero	0	0
Superficie del acuífero	0	33,33
Nivel superior de la capa freática o acuífero	6	0
Capa freática	11	33,33
Altura que alcanza el agua en un acuífero	11	33,33

Tabla 4: Comparación de la variable 4, utilización del término permeabilidad. Elaboración propia.

VARIABLE 4: Utilización del término permeabilidad	Libros de texto (%) año 2008	Libros de texto (%) año 2021
No lo utiliza	67	33,33
Sí lo utiliza	33	66,66

Tabla 5: Comparación de la variable 5, utilización del término porosidad. Elaboración propia.

VARIABLE 5: Utilización del término porosidad	Libros de texto (%) año 2008	Libros de texto (%) año 2021
No lo utiliza	56	66,66
Sí lo utiliza	44	33,33

Tabla 6: Comparación de la variable 6, tratamiento del agua subterránea. Elaboración propia.

VARIABLE 6: Tratamiento del agua subterránea	Libros de texto (%) año 2008	Libros de texto (%) año 2021
No caracterizada tan solo por el sistema kárstico	94	33,33
Caracterizada tan solo por el sistema kárstico	6	66,66

Los resultados obtenidos indican que ha aumentado la cantidad de texto dedicado a las aguas subterráneas (tabla 1), siendo destacable que ninguno de los tres libros analizados se localiza en las categorías inferiores. También se aprecia una mejora en cuanto a la forma de definir el concepto de acuífero, puesto que parece que se han subsanado las concepciones erróneas respecto a este tema (tabla 2). Además, es de destacar la mejora en la definición del concepto de nivel freático, ya que en el análisis realizado en el 2008 el 72% de los libros trabajados no utilizaban este término (tabla 3).

Por otro lado, se aprecia un progreso notable en el uso del término permeabilidad (tabla 4), no en cambio, en el de porosidad (tabla 5). Finalmente, en cuanto al trato que se le da al agua subterránea, únicamente uno de los libros analizados no la caracteriza en el contexto del sistema kárstico.

ANÁLISIS DE LOS CONOCIMIENTOS DEL ALUMNADO DE 3º Y 4º DE ESO SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de un cuestionario sobre las aguas subterráneas realizado al alumnado de 3º y 4º de ESO del modelo D del IESO Berriozar DBHI. Los objetivos de dicho cuestionario eran detectar los errores conceptuales en aquellos que todavía no habían estudiado las aguas subterráneas, es decir, los estudiantes de 3º, y establecer los conceptos que no se asimilaban tras su estudio en los estudiantes de 4º. De este modo, se pretende hacer una propuesta didáctica que subsane estos errores y carencias. El cuestionario (anexos I y II), que incluía preguntas cortas de desarrollo y de opción múltiple, fue anónimo y se estructuró de la siguiente forma:

- Pregunta 1: Representación del ciclo del agua.
- Pregunta 2: Definición de escorrentía superficial.
- Pregunta 3: Factores que influyen en la escorrentía superficial.
- Pregunta 4: Definición de infiltración.
- Pregunta 5: Factores que influyen en la infiltración.
- Pregunta 6: Definición e importancia de las aguas subterráneas y los acuíferos. Movilidad de las aguas subterráneas.
- Pregunta 7: Contaminación de las aguas subterráneas y su importancia.
- Pregunta 8: Formación de las estalagmitas y las estalactitas.
- Pregunta 9: Estructuras paisajísticas relacionadas con las aguas subterráneas.
- Pregunta 10: Agua subterránea en Navarra.

Para el análisis de las respuestas se preparó una escala de valores para cada pregunta. Para ello, se hizo una primera lectura de cada pregunta por separado y luego se categorizaron las respuestas. La rúbrica de corrección puede verse en el anexo III.

Los resultados evidencian lo citado anteriormente, que el alumnado olvida que el agua subterránea forma parte del ciclo del agua. Únicamente el 14,7% de los estudiantes encuestados de tercero y el 10% de los de cuarto dibujaron o mencionaron la infiltración o las aguas subterráneas cuando se les pidió que representaran el ciclo del agua (figura 1).

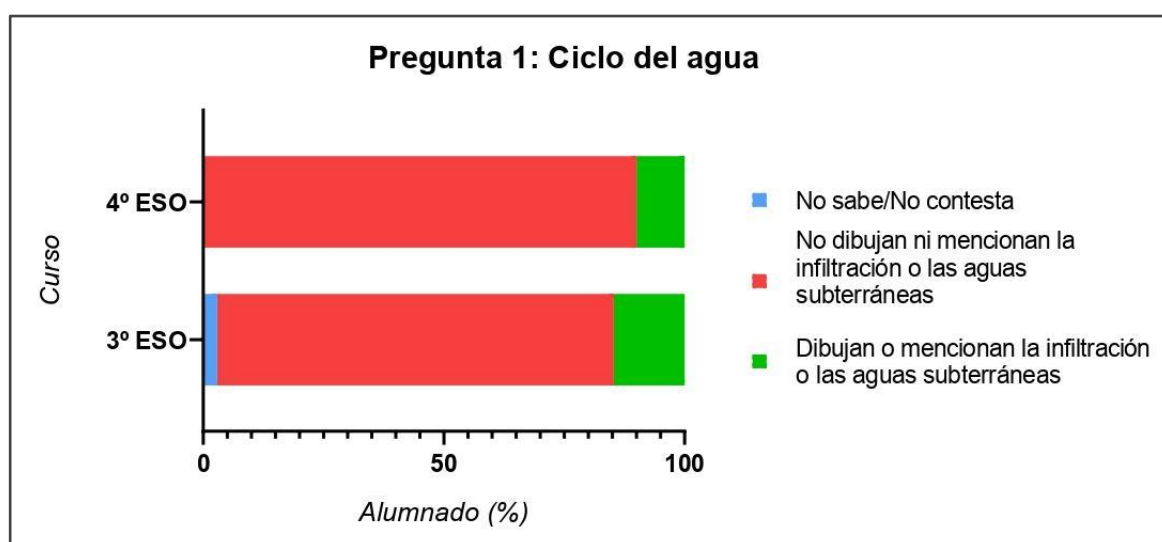


Figura 1: Respuestas de la pregunta 1 sobre el ciclo del agua.

Autora: Realización propia.

Curiosamente, el 45% del alumnado de cuarto y el 29,4% de los de tercero define en la pregunta 4 lo que es la infiltración a pesar de no haberlo dibujado o mencionado en la primera pregunta (figura 2). Una minoría, el 8,8% de tercero y el 10% de cuarto incluso relacionan la infiltración con cuevas subterráneas y acuíferos.

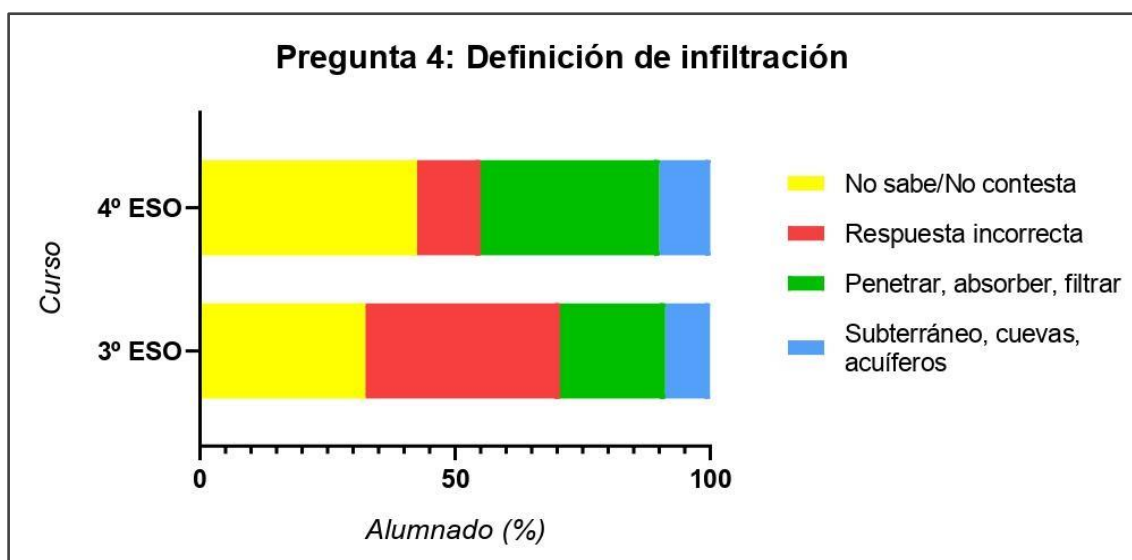


Figura 2: Respuestas de la pregunta 4 sobre la infiltración.

Autora: Realización propia.

Además, los estudiantes de tercero parecen entender mejor lo que es la infiltración que la escorrentía superficial, ya que en esta última sólo el 14,7% ha contestado correctamente (figura 3), frente al 29,4% que contestó la otra pregunta (figura 2). Estas respuestas sobre escorrentía superficial corresponden a un modelo dinámico, que también se ha encontrado en cuarto (17,5%), aunque en este curso también hay un 20% de las respuestas que corresponden al modelo estático de la escorrentía superficial.

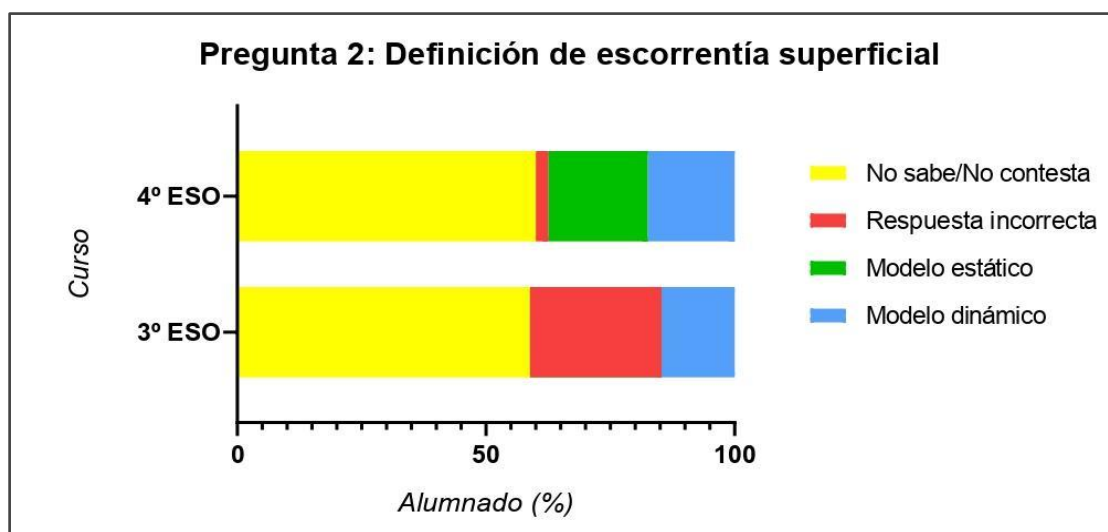


Figura 3: Respuestas de la pregunta 2 sobre la escorrentía superficial.

Autora: Realización propia.

Cuando se les preguntó sobre los factores que influyen en la escorrentía superficial, en ambos cursos el que mayor resultado obtuvo fue la precipitación intensa, seguido de la inclinación del terreno (figura 4). Concretamente estos factores se corresponden, respectivamente, con el 35,4% y el 33,3% de las respuestas de tercero y con el 33,7% y el 27,7% de cuarto. En tercer curso les siguen la porosidad del terreno, con el 18,75% de las respuestas y la vegetación, con el 2,5%; mientras que en el otro curso es al contrario, el 20,5% de las respuestas corresponden a vegetación y el 18,1% a porosidad del terreno.

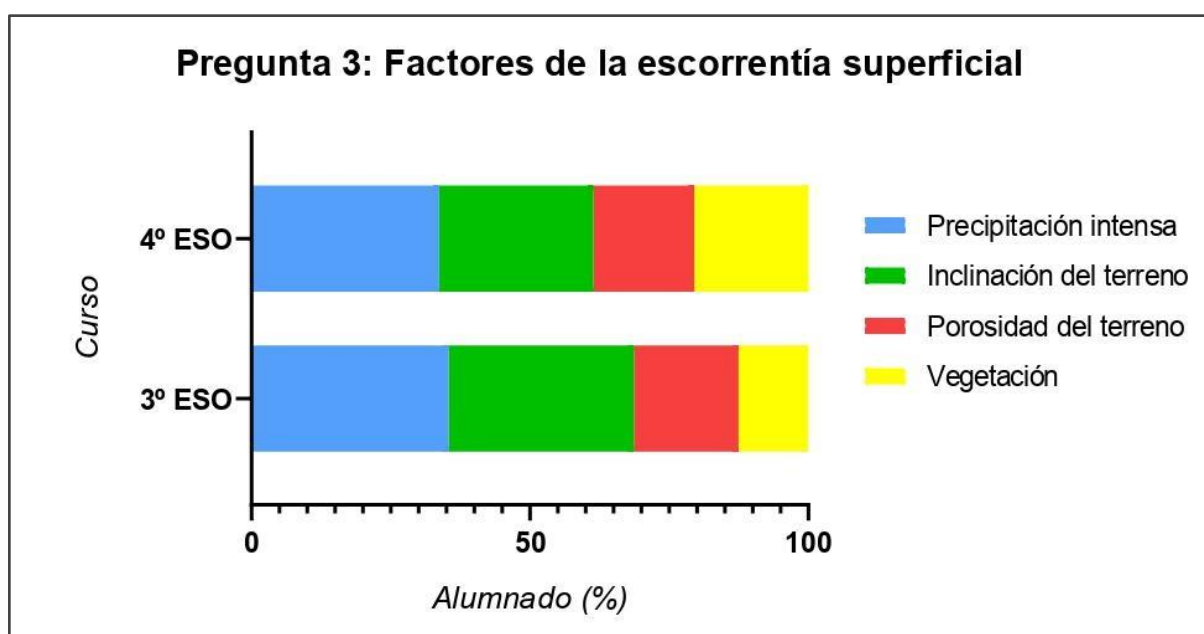


Figura 4: Respuestas de la pregunta 4 sobre los factores que influyen en la escorrentía superficial.

Autora: Realización propia.

Cuando se les preguntó sobre los factores que influyen en la infiltración, el que mayor resultado obtuvo en ambos cursos resultó ser la porosidad del terreno, ya que 31,8% de las respuestas del alumnado de tercero corresponden a esta opción, mientras que entre los de cuarto curso asciende a 39,1% (figura 5). En tercero le siguen en orden descendente la precipitación intensa (25%), la vegetación (22,7%) y la inclinación del terreno (20,5%). En cuarto, en cambio, la vegetación obtuvo el 23,2% de las respuestas, seguido de la precipitación intensa (21,7%) y la inclinación del terreno (15,9%).

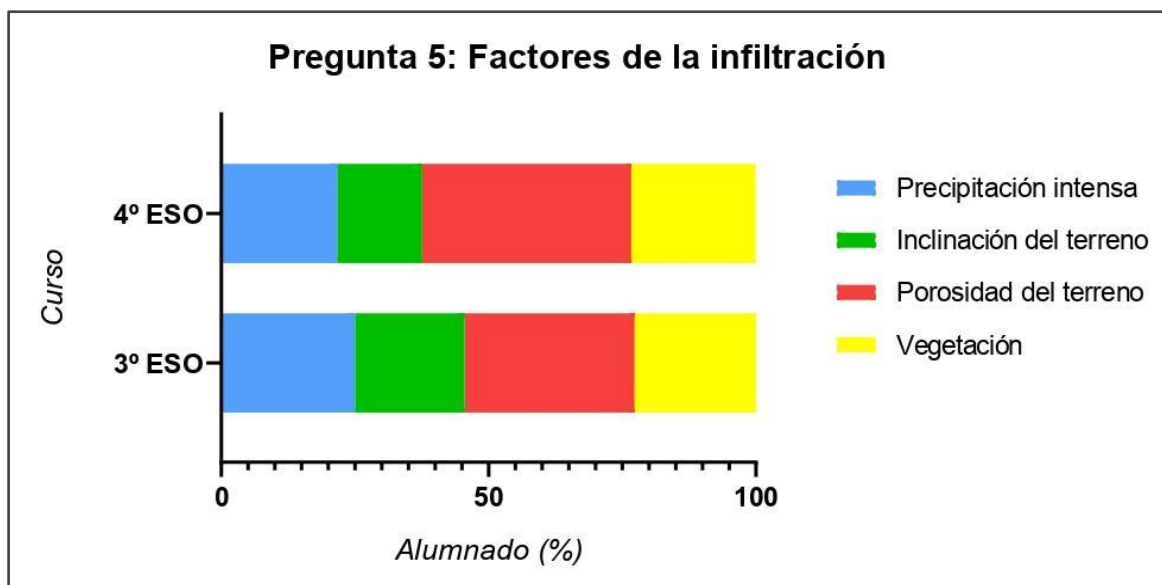


Figura 5: Respuestas de la pregunta 5 sobre los factores que influyen en la infiltración.

Autora: Realización propia.

La pregunta 6 del cuestionario está relacionada directamente con las aguas subterráneas y los acuíferos y se subdivide en cuatro: definición de aguas subterráneas, definición de acuíferos, importancia de las aguas subterráneas y los acuíferos y movimiento de las aguas subterráneas. A pesar de que la mayoría de los estudiantes de ambos cursos saben que las aguas subterráneas se mueven (figura 6), el resto de resultados son bastante desconcertantes.

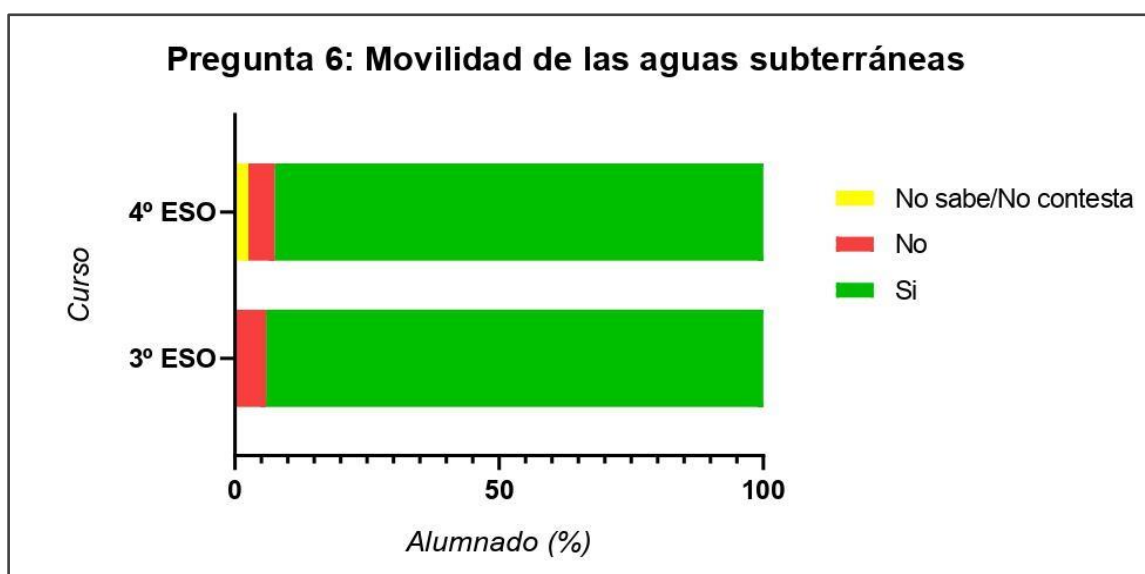


Figura 6: Respuestas de la pregunta 6 sobre la movilidad de las aguas subterráneas.

Autora: Realización propia.

Sorprendentemente, únicamente el 2,5% de los estudiantes de cuarto curso respondió el primer apartado relacionándola con la infiltración (figura 7). El valor es algo más alto entre el alumnado de tercero (14,7%). En cuanto a las respuestas dadas sobre los acuíferos, es notable que la mayoría de los estudiantes no saben o no contestan esta pregunta, el 79,4% de los de tercero y el 77,5% de los de cuarto, concretamente (figura 8). Aquellos que sí contestan definen los acuíferos como reservorios de agua sin relacionarlos con la infiltración.

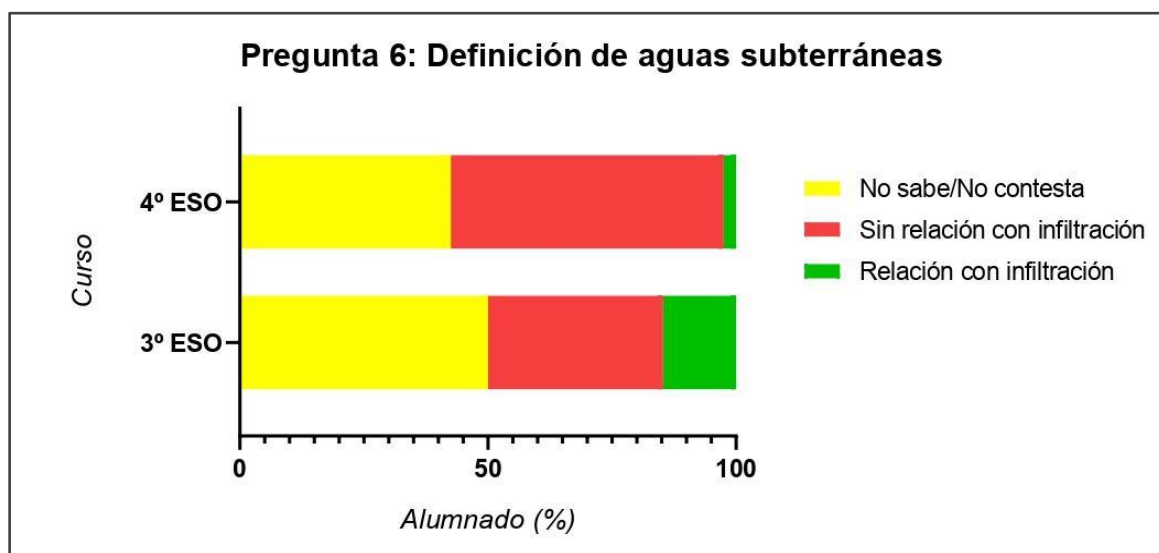


Figura 7: Respuestas de la pregunta 6 sobre las aguas subterráneas.

Autora: Realización propia.

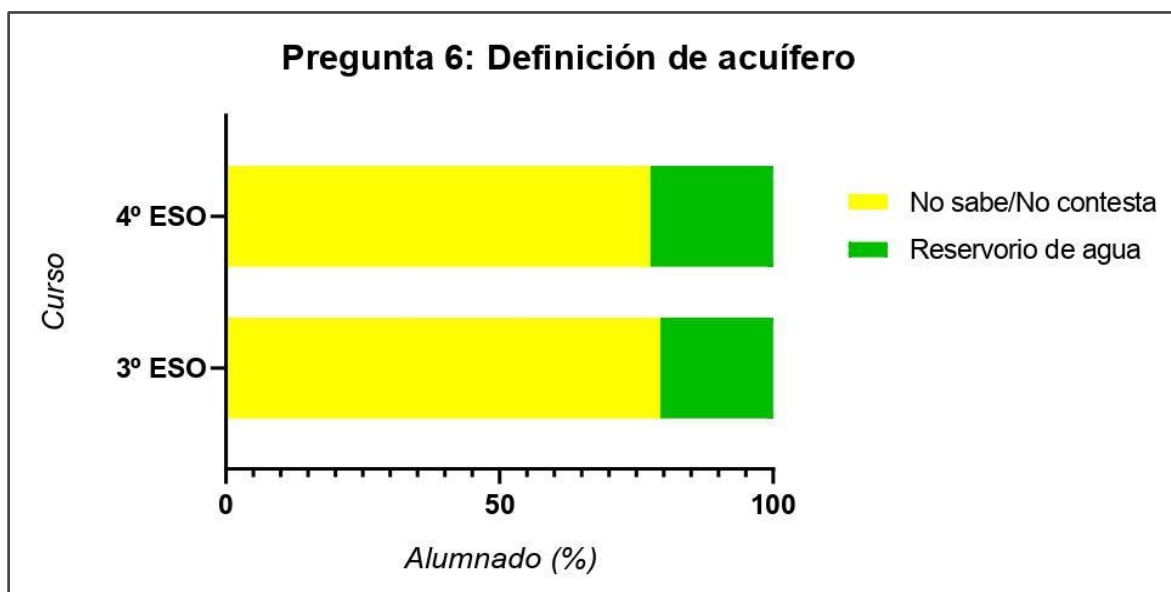


Figura 8: Respuestas de la pregunta 6 sobre los acuíferos.

Autora: Realización propia.

Por otro lado, la mayoría de los estudiantes no sabe decir por qué son importantes las aguas subterráneas y los acuíferos, en concreto el 70,6% del alumnado de tercero y el 77,5% del de cuarto (figura 9). En cuarto, solo el 5% los ha relacionado con reservas de agua dulce, mientras que en tercero este porcentaje es algo mayor, 17,6%. El resto de estudiantes indican que son importantes porque las plantas toman agua de estas fuentes.

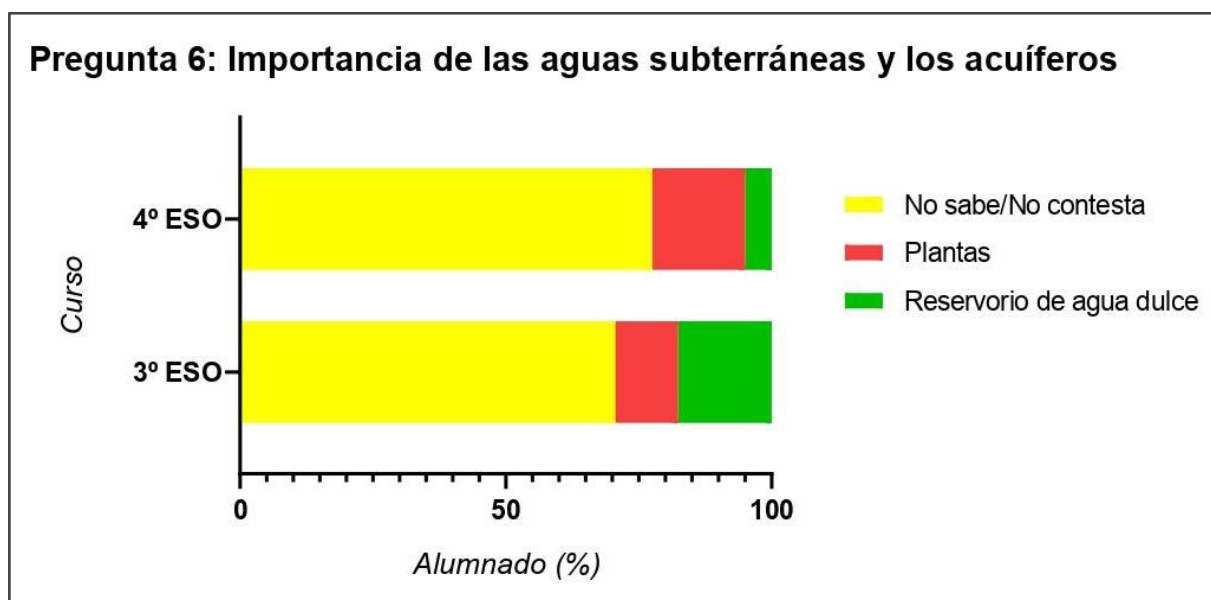


Figura 9: Respuestas de la pregunta 6 sobre la importancia de las aguas subterráneas y los acuíferos.

Autora: Realización propia.

La pregunta 7 trata sobre la contaminación de las aguas subterráneas y está dividida en tres apartados. El 85,3% del alumnado de tercero y el 90% de cuarto creen que es posible contaminar las aguas subterráneas (figura 10), aunque la mayoría de los estudiantes de cuarto y la mitad de los de tercero no saben cómo ocurre (figura 11). En tercero el 35,3% opina que se contaminan mediante desechos y únicamente el 14,7% de los encuestados cita contaminantes (tóxicos, químicos, residuos radiactivos y gas natural). En cuarto curso el número de estudiantes que cree que se contaminan por desechos desciende hasta el 15%.

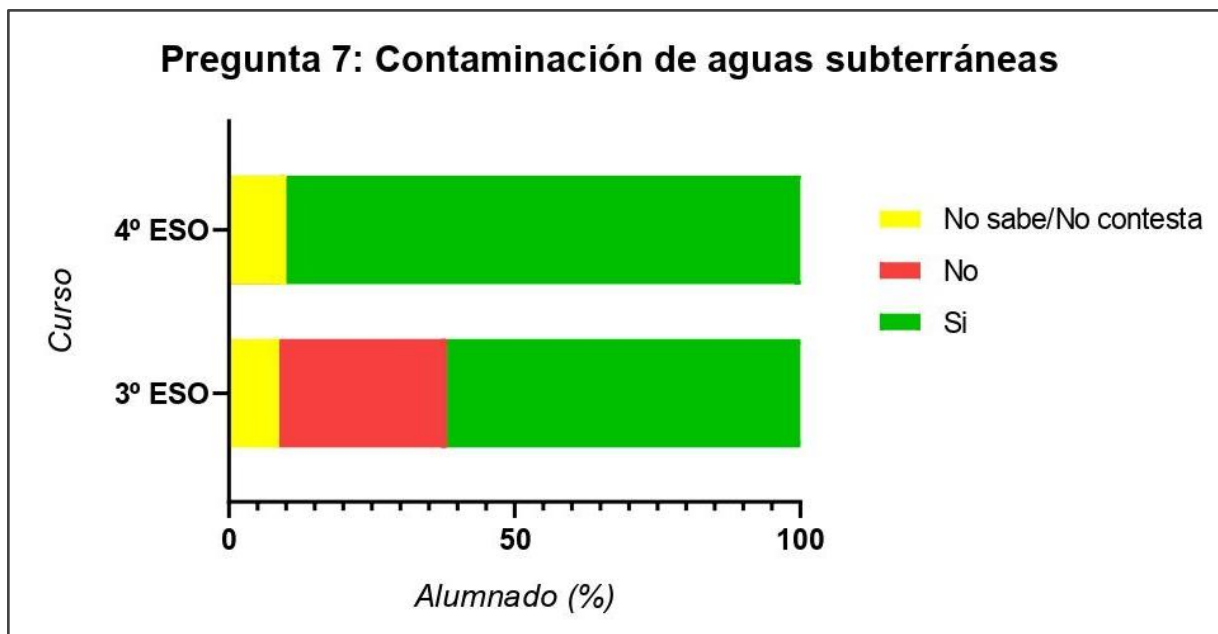


Figura 10: Respuestas de la pregunta 7 sobre la contaminación de las aguas subterráneas.

Autora: Realización propia.

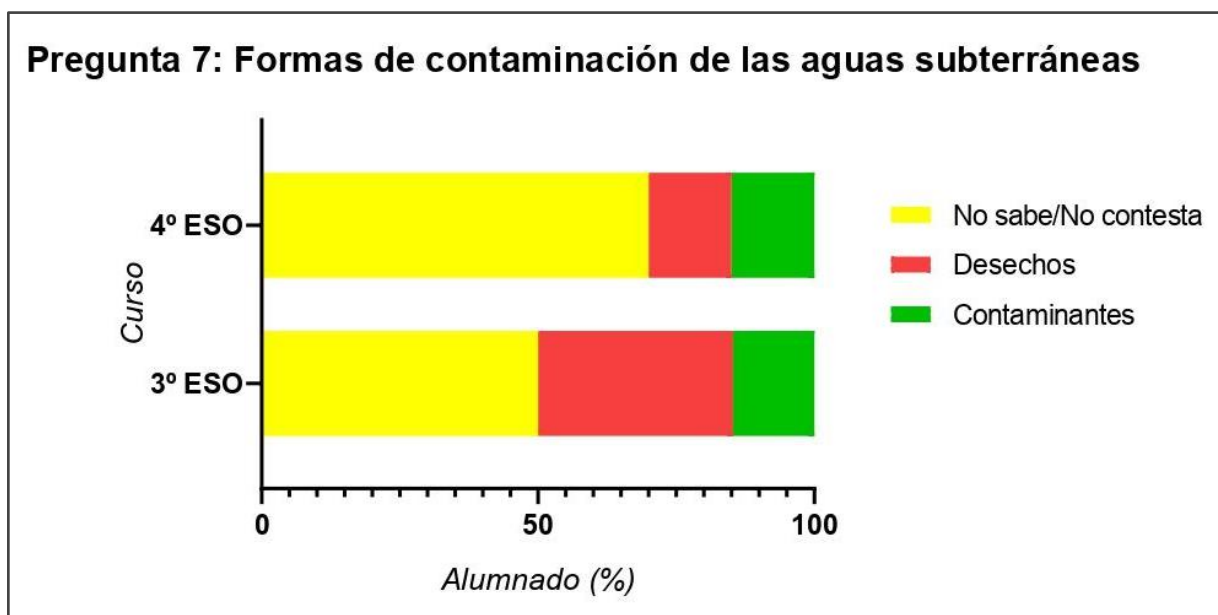


Figura 11: Respuestas de la pregunta 7 sobre las formas de contaminación de las aguas subterráneas.

Autora: Realización propia.

Aunque la mayoría no sabe decir en qué medida es importante su contaminación, el 20,6% y el 12,5% del alumnado de tercero y cuarto, respectivamente, contestó que tiene relación con el agua potable (figura 12). Es de resaltar que la otra razón que dan es que son importantes porque las plantas toman agua de estas fuentes. Concretamente, el 5,9% de las respuestas de tercero y el 15% de las de cuarto se corresponden con esta opción.

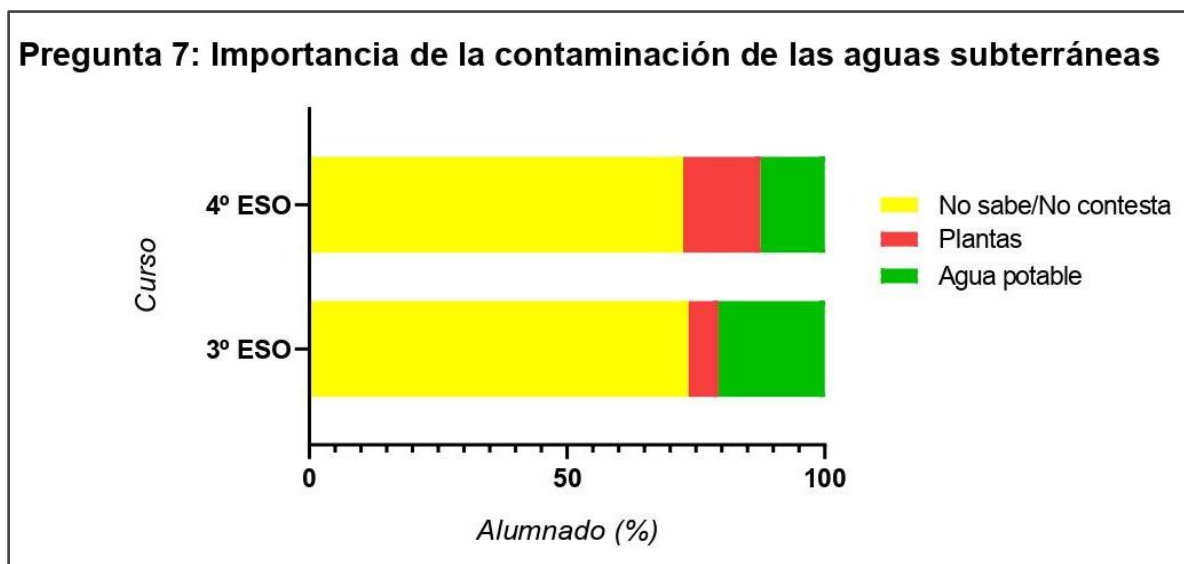


Figura 12: Respuestas de la pregunta 7 sobre la importancia de la contaminación de las aguas subterráneas.

Autora: Realización propia.

La pregunta 8 corresponde a la formación de las estalactitas y las estalagmitas y en general, se obtuvieron respuestas erróneas y muy variadas. Entre ellas destacan la mención de gotas de agua que deforman la roca y gotas que arrastran tierra, desechos, rocas o minerales que se acumulan. Además, varios de los estudiantes de ambos cursos explican que las gotas de agua se congelan debido a las bajas temperaturas de las cuevas. Por otro lado, prácticamente el 100% del alumnado de ambos cursos sabe que se trata de un proceso lento (figura 13).

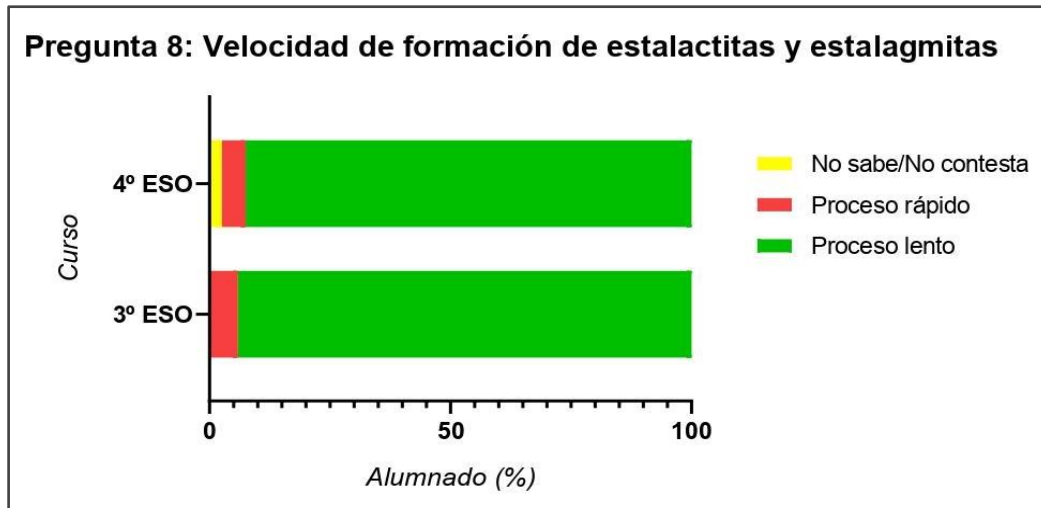


Figura 13: Respuestas de la pregunta 8 sobre la velocidad de formación de las estalactitas y las estalagmitas.

Autora: Realización propia.

La estructura paisajística que más han relacionado con las aguas subterráneas es, en ambos cursos, las cuevas (figura 14). A continuación le siguen los embalses, con el 19,5% de las respuestas de tercero y el 14,6% de las de cuarto. La tercera formación más numerosa son los nacedores, que se igualan en número con las zonas aluviales en tercero y los cañones en cuarto. Sin embargo, únicamente el 3,9% de las respuestas en el caso de los de tercero y el 8,8% en el de cuarto se corresponden con el karst.

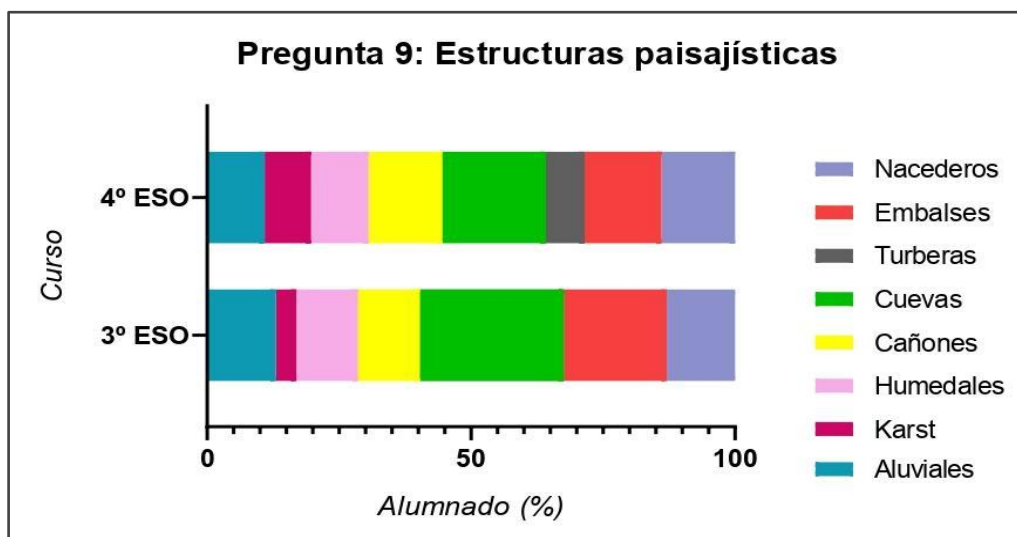


Figura 14: Respuestas de la pregunta 9 sobre las estructuras paisajísticas asociadas a las aguas subterráneas.

Autora: Realización propia.

De la pregunta 10 sobre dónde buscarían agua subterránea en Navarra se deduce que el alumnado presenta un desconocimiento absoluto del medio que les rodea, ya que la mayoría no ha respondido y los pocos que sí que lo han hecho han dado respuestas como “en un mapa” o “en Google”.

Por tanto, de estos cuestionarios se deduce que:

- En ambos cursos se olvidan del agua subterránea a la hora de dibujar el ciclo del agua.
- En tercero una minoría entiende lo que es la escorrentía superficial, algo que sí que parecen saber algunos de los estudiantes de cuarto. Los factores que asocian predominantemente a la escorrentía superficial son la precipitación intensa y la inclinación del terreno.
- En ambos cursos tienen dificultades para definir la infiltración, aunque en tercero estas dificultades son más marcadas. El factor que asocian predominantemente a la infiltración es la porosidad del terreno.
- No relacionan ni las aguas subterráneas ni los acuíferos con la infiltración.
- Sólo una minoría asocia que las aguas subterráneas son reservorios de agua dulce y aunque la mayoría coincide en que se contaminan no saben explicar cómo.
- No comprenden el proceso de formación de las estalactitas y las estalagmitas ni los componentes que requiere.
- Relacionan mayoritariamente las aguas subterráneas con cuevas, aunque también con nacederos y aluviales, y en menor medida con el paisaje kárstico.
- Relacionan las aguas subterráneas con los embalses.
- No conocen su entorno inmediato.

3 JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCE

En Navarra, el último cambio de la convocatoria extraordinaria de septiembre a junio entró en vigor en el curso escolar 2016-2017 (González y Echavarren, 2017). Tal y como afirmó en 2019 la responsable de Enseñanza de UGT en Navarra, María José Anaut, el hecho de que la convocatoria extraordinaria se realice en Junio descoloca el calendario escolar, ya que reduce el tiempo real de clase y el contenido curricular a impartir. La ley, que está pensada para asegurar una evaluación continua, incumple los 175 días lectivos establecidos por la LOMCE, de forma que a pesar de que el alumnado tiene obligación de asistir al centro, aquellos que han aprobado todo no acuden porque ya han recibido las calificaciones (Navarra.com, 2019).

Para el presente curso académico, el Departamento de Educación de Navarra establece como fin de curso los días 21 o 22 de Junio (Educación Navarra, 2021). Durante la realización del Prácticum II resultó evidente la falta de tiempo para acabar un currículo ya de por sí sobrecargado. Ante esta situación, los profesores de Biología y Geología del Centro abogaban por la realización de trabajos grupales para impartir una selección de los contenidos relativos a la Geología.

El presente Trabajo de Fin de Máster tiene en cuenta esta situación y se basa en una secuencia de actividades centradas en despertar el interés del alumnado para que acuda a clase. Constituye una propuesta didáctica pensada para llevarse a cabo en la asignatura de Biología y Geología de 3ºESO. Concretamente, se centra en el bloque 5, el relieve terrestre y su evolución, aunque también abarca de forma indirecta el contenido sobre el suelo como ecosistema del bloque 6. Trata los contenidos relacionados con **las aguas subterráneas y el paisaje** y toma como escenario la biodiversidad paisajística de Navarra. Por tanto, se trata de una propuesta que puede llevarse a cabo en cualquier Centro escolar navarro.

Dicha asignatura es de carácter obligatorio, por lo que trabaja contenidos que se consideran imprescindibles para todos los estudiantes. Sin embargo, debido a la sobrecarga de contenidos algunos de ellos no se imparten o se ven de forma superficial. En el caso de Biología y Geología, son en muchas ocasiones, aquellos relacionados con la Geología los relegados al olvido. Teniendo esto en cuenta y para establecer las bases de esta propuesta, se analizaron los conocimientos que tenía el

alumnado de 3º y 4ºESO sobre las aguas subterráneas, véase apartado 3.6 *Análisis de los conocimientos del alumnado de 3º y 4º de ESO sobre las aguas subterráneas*. Con los resultados de 3º se pretenden identificar los conocimientos previos e ideas previas y con los resultados de los estudiantes de 4º se busca resaltar las deficiencias que presentan para poder establecer una propuesta de mejora.

Tal y como muestran los resultados de los cuestionarios citados previamente en el apartado 3.6 *Análisis de los conocimientos del alumnado de 3º y 4º de ESO sobre las aguas subterránea*, los estudiantes de 4ºESO no relacionan las aguas subterráneas ni con el ciclo del agua, ni con la infiltración y únicamente unos pocos las definen como reservorio de agua dulce. Tampoco comprenden qué son los acuíferos ni su importancia como reservorios de agua subterránea. Respecto al paisaje, no identifican correctamente las estructuras paisajísticas asociadas a estas aguas. Además, los cuestionarios evidenciaron que desconocen totalmente el entorno natural que les rodea.

Hoy en día, es necesario orientar a los jóvenes hacia una forma de vida que realice un uso responsable de los recursos naturales de los que disponemos. Dada la importancia que tiene el agua en nuestro modo de vida, los resultados del cuestionario evidencian la necesidad de una propuesta didáctica que abarque estos contenidos y que pueda llevarse a cabo a pesar de la sobrecarga curricular. Al fin y al cabo, sin una base adecuada de conocimientos, los jóvenes no tendrán criterios suficientes para hacer un buen uso de los recursos naturales, ni tampoco para discernir si algo es beneficioso o perjudicial para sí mismos, la Sociedad o el planeta Tierra.

Por tanto, **el propósito de esta propuesta es capacitar al alumnado para que comprenda el papel que juegan las aguas subterráneas en nuestras vidas**. Para ello, se proponen tres fases de trabajo: en primer lugar, una pregunta real a resolver mediante el método indagatorio y el trabajo cooperativo y que está contextualizada en Navarra; en segundo lugar, una aproximación práctica del proceso de karstificación y del entorno natural navarro y finalmente, una fase de evaluación enfocada a la metacognición. Además de fomentar el trabajo cooperativo, se pretende, en última instancia, desarrollar una visión respetuosa hacia el medio ambiente para concienciar a los estudiantes de la importancia de preservar el medio natural. Concretamente, se

busca que el alumnado sea consciente de la importancia que tiene tener agua de calidad.

Dado que Biología y Geología de 3ºESO tiene únicamente dos sesiones de 55 minutos a la semana, no se dispone de tiempo suficiente para llevar a cabo un proyecto. Por esta razón la propuesta abarca contenidos de la asignatura de Física y Química de 3ºESO. Esto permite llevar a cabo una actividad multidisciplinar con el apoyo de otras asignaturas, y además, permite disponer de otras dos sesiones semanales para el desarrollo de la propuesta. El contenido que se abarca relaciona los aspectos de la química con la sociedad y el medio ambiente, véase Decreto Foral 24/2015, asignatura Física y Química, bloque 3.

Esta propuesta responde al modelo de pensamiento derivado del análisis mencionado en el apartado 3.6, *Análisis de los conocimientos del alumnado de 3º y 4º de ESO sobre las aguas subterráneas*. Además, se ha tenido en cuenta que el alumnado ha demostrado no conocer Navarra, por lo que se ha contextualizado el aprendizaje en dicha comunidad. En cuanto al modelo de pensamiento propiamente, para evitar que el alumnado siga sin relacionar las aguas subterráneas con el ciclo del agua y la infiltración, tanto la fase de indagación como la de laboratorio trabajan esta relación.

Por otro lado, la comprensión de los acuíferos se aborda en ambas fases y para que sean conscientes del reservorio de agua dulce que suponen, la fase de indagación se basa en el agua potable y además, se trabaja la distribución del agua en el planeta en el apartado de activación de conocimientos previos. Finalmente, en cuanto a las estructuras paisajísticas que relacionan con el agua subterránea, el análisis demostró que reconocen mayoritariamente las cuevas, aunque también los nacederos y los aluviales y en menor medida el paisaje kárstico. Por esta razón, se ha trabajado el manantial de Arteta, las zonas aluviales del Ebro y del Cidacos y el proceso de karstificación. Además, dado que también relacionaban los embalses, la pregunta esencial habla del agua que bebemos y no del agua subterránea.

COMPETENCIAS

Tras haber establecido los objetivos de acuerdo a una corriente pedagógica, han de definirse las competencias clave que se quieren trabajar. Las competencias clave establecidas por el Sistema Educativo Español, están enumeradas y descritas en la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2021). De todas ellas, esta propuesta trabaja la competencia para aprender a aprender y la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.

La competencia aprender a aprender sobresale como la habilidad fundamental para que se produzca el aprendizaje continuo a lo largo de toda la vida. En otras palabras, consiste en la habilidad para iniciar, organizar y persistir en el aprendizaje. Requiere la reflexión y la toma de conciencia del proceso de enseñanza-aprendizaje, de forma que los procesos de conocimiento se convierten en objeto de conocimiento. De este modo, los estudiantes serán capaces de aplicar experiencias vitales y de aprendizaje ante nuevos conocimientos y capacidades situadas en otros contextos (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2021).

Además, tiene en cuenta el conocimiento que posee el alumnado en cuanto a lo que sabe y desconoce y también de lo que le interesa, ya que la motivación y la confianza son imprescindibles para la adquisición de esta competencia. Para ello, han de plantearse metas realistas a corto, medio y largo plazo, que al ser alcanzadas aumentan la percepción de auto-eficacia y confianza (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2021).

Esta competencia tiene un carácter integral, lo que significa que incluye las distintas fases del proceso de aprendizaje (Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco, 2012):

- La planificación de las tareas, el contexto del aprendizaje, la valoración de las propias capacidades y de los recursos disponibles.

- La gestión de las estrategias, de los tiempos y del método empleado.

-La reflexión sobre el producto logrado, las dificultades encontradas y las posibilidades de aplicar lo aprendido en otras situaciones.

Las competencias básicas en ciencia y tecnología proporcionan un acercamiento al mundo físico y a la interacción que el ser humano tiene con él. Para ello se vale de acciones individuales y colectivas orientadas a su conservación, a la protección de la vida, al progreso de los pueblos y a la mejora del medio natural. El objetivo de esta competencia es capacitar a ciudadanos responsables y respetuosos para que desarrollen juicios críticos sobre hechos científicos y tecnológicos (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2021).

Requiere el fomento de destrezas que permitan utilizar y manipular herramientas y datos, de forma que se hagan preguntas, resuelvan problemas y se tomen decisiones basadas en pruebas y argumentos. Asimismo, incluye actitudes y valores relacionados con criterios éticos asociados a la ciencia y a la tecnología, pone en valor el conocimiento científico y el sentido de la responsabilidad ante la conservación de los recursos naturales y cuestiones medioambientales (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2021).

De este modo, fomenta la valoración del conocimiento científico y contribuye al desarrollo del pensamiento científico, debido a que implica aplicar métodos de racionalidad científica y destrezas tecnológicas que conducen a la adquisición de contenidos, el contraste de ideas y la aplicación de descubrimientos (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2021).

Para el desarrollo de las actividades, se han tenido en cuenta los aspectos de las citadas dos competencias claves reflejadas en la tabla 1.

Tabla 1: Aspectos de las competencias aprender a aprender y competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología tenidos en cuenta para el desarrollo de las actividades.

Competencia Dimensión de la competencia	APRENDER A APRENDER	COMPETENCIA BÁSICA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
SABER	Lo que uno sabe y desconoce	Lenguaje científico
	El contenido de la tarea	Investigación científica Las aguas subterráneas
SABER HACER	Estrategias de planificación	Usar datos y procesos científicos
	Estrategias de supervisión	Tomar decisiones basadas en pruebas y argumentos
SABER SER	Tener la curiosidad de aprender	Respetar los datos y su veracidad
	Sentirse protagonista del proceso y del resultado de su aprendizaje	

CONTENIDOS

Tras haber establecido qué competencias se quieren trabajar, han de seleccionarse los contenidos a impartir definidos en el Decreto Foral 24/2015, de 22 de abril, por el que se establece el currículo de las enseñanzas de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Foral de Navarra (Decreto Foral 24/2015, 2015). Además, ha de definirse su cantidad, su secuencia y el tiempo que se requiere para alcanzarlos. Para ello, se han plasmado en la tabla 2 los contenidos, los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje de los bloques 5 y 6 de la asignatura Biología y Geología de 3ºESO, habiéndose resaltado en negrita aquellos relacionados con el tema que se abarca en este trabajo.

Tabla 2: Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje de los bloques 5 y 6 de la asignatura Biología y Geología de 3ºESO. Fuente: DF24/2015.

BLOQUE	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE
Bloque 5: el relieve terrestre y su evolución	-Factores que condicionan el relieve terrestre. El modelado del relieve. Los agentes geológicos externos y los procesos de meteorización, erosión, transporte y sedimentación.	-Identificar algunas de las causas que hacen que el relieve difiera de unos sitios a otros. -Explicar en qué consisten los procesos geológicos externos y remarcar las peculiaridades en cada forma de modelado.	-Explica en qué consisten los procesos de meteorización, erosión, transporte y sedimentación remarcando las características diferenciales que tienen estos procesos según el agente geológico que actúe en el modelado del relieve.
	-Las aguas superficiales y el modelado del relieve. Formas características. Las aguas subterráneas, su circulación y explotación.	-Analizar y predecir la acción de las aguas superficiales e identificar las formas de erosión y depósitos más características en zonas con distinto clima, relieve, litología... -Valorar la importancia de las aguas subterráneas, justificar su dinámica y su relación con las aguas superficiales. Describir su modelado característico según el tipo de roca sobre el que actúan.	-Analizar la actividad geológica producida por las aguas superficiales en relación con el clima, régimen de lluvias, litología, orografía de la zona, etc. y reconoce alguno de sus efectos en el relieve. -Reconoce el modelado cárstico y nombra los accidentes geológicos que producen las aguas tanto en el exterior como en el interior del macizo calcáreo.
Bloque 6: los ecosistemas	-El suelo como ecosistema	-Analizar los componentes del suelo y esquematizar las relaciones que se establecen entre ellos. -Valorar la importancia del suelo y los riesgos que comporta su sobreexplotación, degradación o pérdida	-Reconoce que el suelo es el resultado de la interacción entre los componentes bióticos y abióticos, señalando alguna de sus interacciones. -Explica los factores que condicionan la fragilidad del suelo y valora la necesidad de protegerlo proponiendo acciones concretas.

Para definir la cantidad de los contenidos se realizó un listado de los conceptos claves que se consideró que el alumnado debía conocer y se agruparon en 3 bloques: agua, suelo y paisaje asociado al agua subterránea.

Agua:

- Ciclo del agua: natural e integral
- Agua subterránea
- Acuífero
- Zona de aireación
- Zona de saturación
- Nivel freático
- Manantial

Suelo:

- Infiltración
- Poro/porosidad
- Permeabilidad
- Material permeable (arena y gravas)

Paisaje asociado al agua subterránea:

- Modelado kárstico
- Roca caliza
- Agua carbonatada
- Meteorización química

Para establecer la secuencia de dichos contenidos se siguió el recorrido que realiza el agua partiendo del proceso de evaporación y dejando para el final la interpretación de los elementos del paisaje. Esta secuencia se reflejará al final de la segunda fase, aquella dedicada a las sesiones de laboratorio.

1. Evaporación, condensación, precipitación y escorrentía.
2. Infiltración, poro/porosidad, permeabilidad.
3. Material permeable (arena y gravas).
4. Agua subterránea y acuífero.

5. Zona de aireación, zona de saturación, nivel freático y manantial.
6. Ciclo del agua integral.
7. Modelado kárstico, roca caliza, agua carbonatada y meteorización química.

Dado que la propuesta consiste en agrupar a los estudiantes en grupos de tres personas y adjudicarles a cada una de estas un bloque de trabajo (agua, suelo y cultivos), se asegurarán al inicio unos conocimientos básicos para todos los estudiantes de los tres bloques de trabajo. Para ello se comenzará con la activación de conocimientos previos mediante la estructura uno, dos, cuatro y se profundizará con las explicaciones que el docente considere oportunas según las ideas del alumnado.

Respecto al tiempo requerido, esta propuesta toma como referencia el calendario escolar del IESO Berriozar DBHI (Anexo IV), que establece que para el 4 de Junio los estudiantes han de saber si tienen que ir a la convocatoria extraordinaria o no (IESO Berriozar DBHI, 2021). Además, se tuvo en consideración el horario de la clase de 3ºE, cuyos estudiantes tenían Biología y Geología los lunes y los miércoles y Física y Química los lunes y los martes. Finalmente, se tuvo en cuenta que el examen de la tercera evaluación de Biología y Geología se realizó el 31 de mayo y el de Física y Química el 2 de junio. Por tanto, el calendario para esta propuesta es el ilustrado en la figura 15.

JUNIO						
LUN 31 EXAMEN BIO-GEO	MAR 1 EXÁMEN FI-QUI	MIÉR 2 1ª SESIÓN	JUE 3	VIE 4	SÁB 5	DOM 6
LUN 7 2ª SESIÓN 3ª SESIÓN	MAR 8 4ª SESIÓN	MIÉR 9 5ª SESIÓN	JUE 10	VIE 11	SÁB 12	DOM 13
LUN 14 6ª SESIÓN 7ª SESIÓN	MAR 15 8ª SESIÓN	MIÉR 16 9ª SESIÓN				

Figura 15: Reparto de sesiones destinadas a la propuesta.

Autora: Elaboración propia.

FUSIÓN DE METODOLOGÍAS

La primera fase de esta propuesta está estructurada en base a los apartados del método de indagación y del Aprendizaje Cooperativo (tabla 3).

Tabla 3: Tabla resumen de las fases del método indagatorio, el Aprendizaje Cooperativo y la temporalización.

FASES DE LA INDAGACIÓN		FASES DEL APRENDIZAJE COOPERATIVO		SESIÓN
		ORIENTACIÓN HACIA LA TAREA: presentar el plan de trabajo.	Presentación del proyecto y realización de grupos.	1
			Explicación del método de indagación y de la técnica de Aprendizaje Cooperativo.	
FOCALIZACIÓN: promover el interés y la motivación.	Presentación de la nueva experiencia o problema.	MOTIVACIÓN: partir de un reto que despierte su curiosidad, mostrar la utilidad de los contenidos en la vida	Presentación de la pregunta esencial.	2
		ACTIVACIÓN DE CONOCIMIENTOS PREVIOS: explorar lo que el alumnado sabe sobre los contenidos.	Estructura simple uno, dos, cuatro.	
EXPLORACIÓN: desarrollo de la exploración.	Posible explicación y formulación de hipótesis.			3 y 4
	Planificación de la investigación.		Distribución de tareas.	
	Ejecución de la investigación.	PRESENTACIÓN DE CONTENIDOS: presentar los contenidos de forma diversa y eficaz.	Textos, mapas y tablas, desarrollo de investigación y estudio de caso concreto.	
	Interpretación de datos.	PROCESAMIENTO DE LA NUEVA		

		INFORMACIÓN: comprensión y utilización de los contenidos		
REFLEXIÓN: conclusión de la exploración.	Conclusión. Aceptación o rechazo de hipótesis.	RECAPITULACIÓN: toma de conciencia sobre lo aprendido.		5
APLICACIÓN: extrapolación del aprendizaje.		TRANSFERENCIA: identificar la utilidad de lo que aprenden en la vida cotidiana.	Estudio de caso real en Ecuador.	
EVALUACIÓN: formativa y competencial.		METACOGNICIÓN: reflexión sobre el proceso de aprendizaje.	KPSI y rúbrica.	9

4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

La propuesta se basa en la taxonomía de Bloom, en las recomendaciones realizadas por Novak y Gowin (Novak y Gowin, 2002) y en la Pirámide del Aprendizaje de Cody Blair. La taxonomía de Bloom establece una jerarquía de habilidades cognitivas, que ordenadas de menor a mayor serían: recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear (figura 16). Esta propuesta se centra en los aspectos de análisis y evaluación de información para formar opiniones. Ambas categorías se localizan entre las de orden superior y consisten en identificar, comparar, explicar, priorizar, justificar y decidir (UNIR, s.f.).

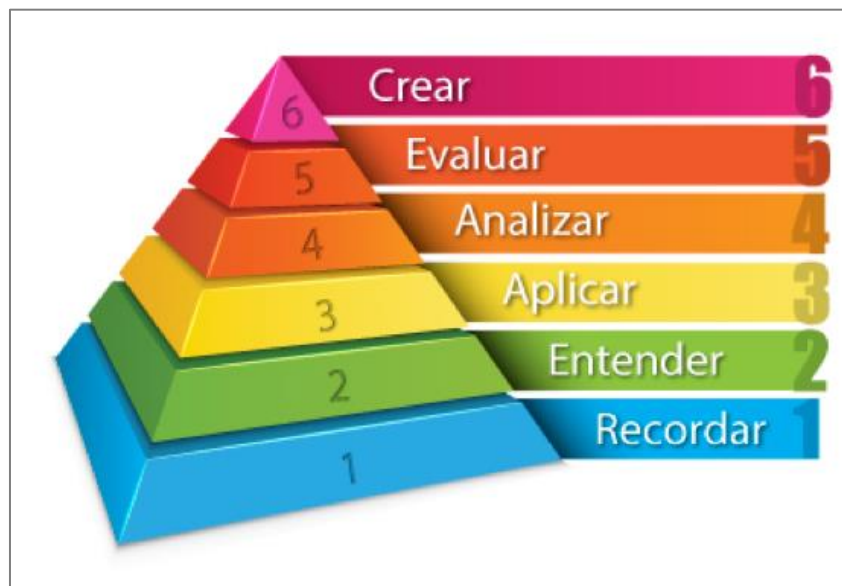


Figura 16: Taxonomía de Bloom.

Fuente: Elena28c, CC BY-SA 4.0 vía Wikimedia Commons.

Por otro lado, Novak y Gowin definieron tres tipos de aprendizaje que pueden aplicarse tanto para el aprendizaje memorístico como para el aprendizaje significativo. Diferenciaron entre el aprendizaje receptivo, donde la información se ofrece directamente al alumnado y el aprendizaje por descubrimiento, donde el alumnado lleva a cabo una investigación para aprender. Dentro del aprendizaje por descubrimiento se diferencian entre el descubrimiento guiado, en el que el docente selecciona la información y el descubrimiento autónomo, donde el alumnado identifica y selecciona la información que va a aprender (Novak y Gowin, 2002) (figura 17).

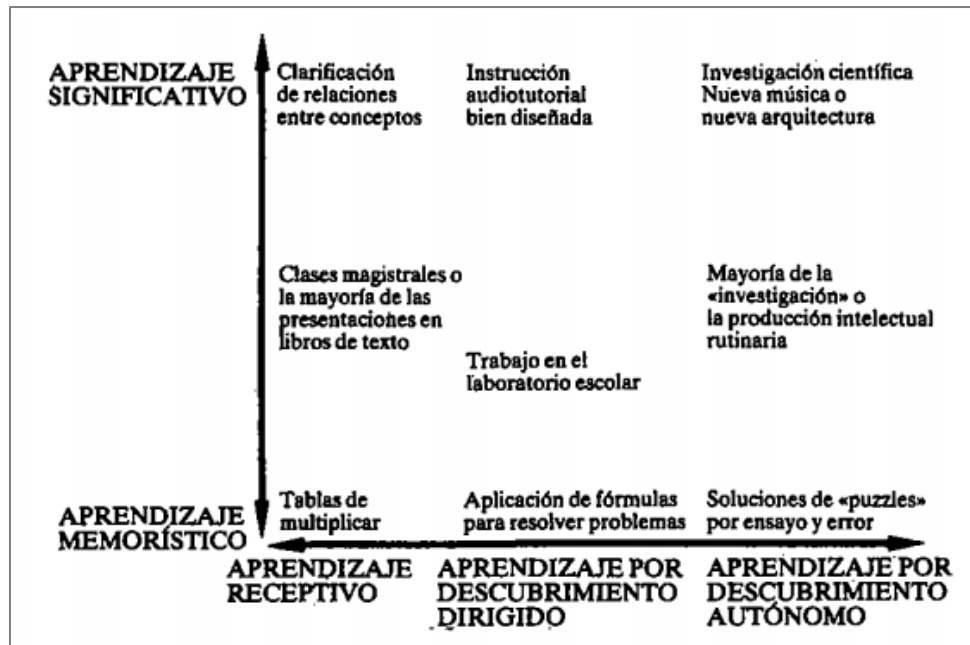


Figura 17: Ejemplos de actividades que promueven el aprendizaje significativo en contraposición a las actividades que perpetúan el aprendizaje memorístico.

Fuente: Novak y Gowin, 2002.

Finalmente, la Pirámide de Aprendizaje de Cody Blair (figura 18) establece que el tipo de enseñanza y aprendizaje influye en la adquisición de conocimientos, destrezas y competencias, en las que se destaca que se aprende el 90% de lo que se enseña, el 75% de lo que se practica y el 50% de lo que se debate (UNIR, s.f.). Es por eso que esta propuesta emplea la técnica de Aprendizaje Cooperativo Puzzle, en la que unos explican a los otros lo aprendido, propone cinco actividades de laboratorio y un debate.

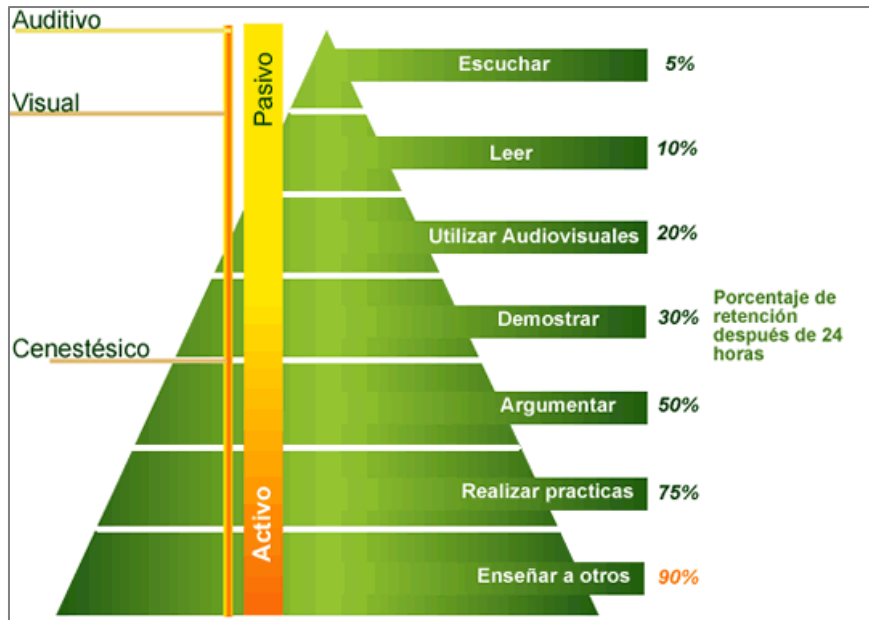


Figura 18: Pirámide del Aprendizaje de Cody Blair.

Fuente: Universidad Complutense de Madrid.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la propuesta se divide en tres fases: la primera corresponde a una pregunta a resolver mediante el método indagatorio y el trabajo cooperativo, la segunda consiste en una aproximación práctica del proceso de karstificación y finalmente, la tercera fase consiste en una evaluación enfocada a la metacognición.

FASE 1: INDAGACIÓN GUIADA

La fase de indagación guiada consta de cinco sesiones (figura 19).

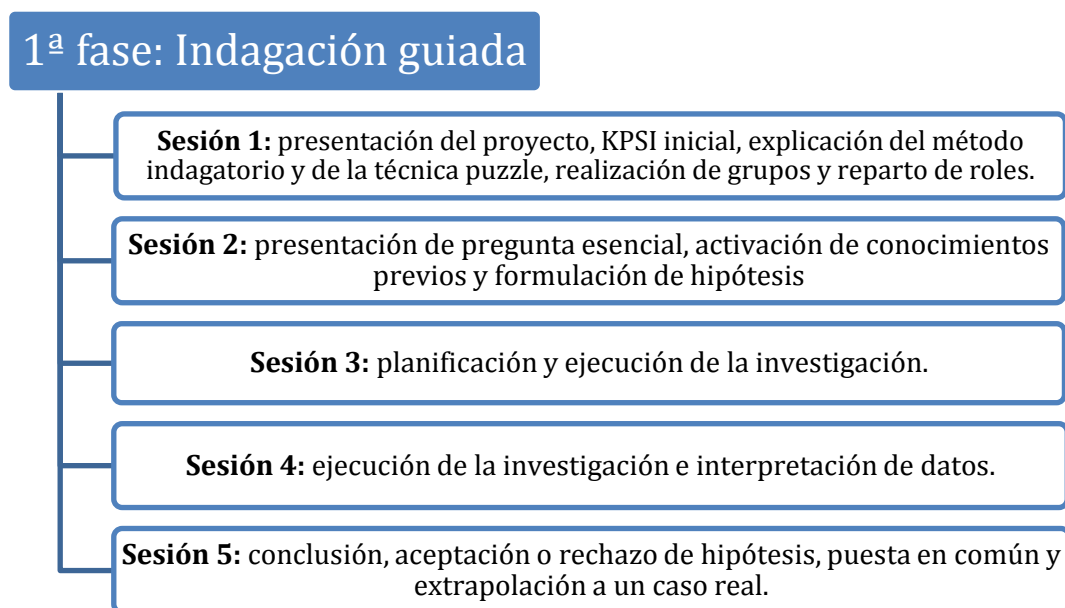


Figura 19: Temporalización de la fase de indagación guiada.

Fuente: Elaboración propia.

SESIÓN 1:

1. *Presentación del proyecto:*

El docente les explicará a los estudiantes el proyecto, explicitando el objetivo que se persigue, las fases de desarrollo y la distribución de clases teóricas y prácticas de las próximas 9 sesiones. Asimismo, les dará a conocer la metodología de trabajo a seguir, la indagación guiada, y la técnica de Aprendizaje Cooperativo que emplearán, la técnica del Puzzle.

2. *KPSI inicial:*

Para que al finalizar la propuesta el alumnado sea consciente del proceso de aprendizaje que ha tenido lugar, antes de comenzar ninguna explicación se les pedirá que rellenen el formulario de la tabla 4.

Tabla 4: Formulario KPSI para evaluar lo que el alumnado sabe.

	No lo sé	Me suena	Lo sé	Lo sé y sabría explicarlo
¿Conoces lo que es el agua subterránea?				
¿Sabes por qué es importante su conservación?				
¿Sabes qué paisaje se asocia al agua subterránea?				
¿Conoces los pasos a seguir en una investigación científica?				
¿Sabrías decir qué es el trabajo cooperativo?				

3. Explicación del método indagatorio y de la técnica del Puzzle:

A continuación el docente explicará el método indagatorio que se empleará en las próximas sesiones y les repartirá a los estudiantes el mapa conceptual de la figura 20. Además, explicará el funcionamiento de la técnica del Puzzle y dará a conocer los ingredientes del Aprendizaje Cooperativo.



Figura 20: Esquema a seguir para la indagación guiada.

Autora: Realización propia.

4. Realización de grupos de trabajo y reparto de roles:

Posteriormente formará los grupos de trabajo, que serán heterogéneos, en la medida de lo posible, con respecto a diferentes aspectos: sexo, etnia, rendimiento académico, grado de integración y destrezas cooperativas (Zariquiey, 2015). A pesar de que los grupos pequeños poseen menor diversidad de capacidades y opiniones, resultan más fáciles de coordinar y se consigue más a menudo hacer que todos los integrantes participen y se comprometan con la responsabilidad individual.

Teniendo esto en cuenta y las tareas que se llevarán a cabo se realizarán grupos de tres personas. En cuanto a la disposición del aula, en la medida de lo posible, se dispondrán las mesas de forma que se asegure la proximidad y la visibilidad entre los integrantes, así como la movilidad del docente por el aula. Los estudiantes establecerán qué integrante cumplirá el rol de portavoz, secretario y silencio. Para ello se les hará saber las funciones que ha de cumplir cada uno (tabla 5).

Tabla 5: Funciones de los roles para el trabajo cooperativo.

ROL	FUNCIÓN
Portavoz	Dirige las actividades grupales. Habla en nombre del grupo.
Secretario	Anota las decisiones tomadas.
Silencio	Vigila y controla el tono de voz del grupo. Reparte el turno de palabra.

SESIÓN 2:

1. Presentación de la pregunta esencial:

Al comienzo de la sesión el docente desvelará la pregunta esencial sobre la que se fundamenta la investigación.

¿Qué relación tienen los cultivos, el agua que bebemos y el transporte de oxígeno en sangre?

Para el diseño de esta pregunta se ha aprovechado un nexo de unión del agua subterránea y su contaminación con los contenidos trabajados en el apartado de Biología. El bloque referido a este apartado, denominado *Las personas y la salud. Promoción de la salud*, trata entre otras cosas, la anatomía y fisiología del aparato

circulatorio. Hoy en día se tiende a considerar los apartados de Biología y Geología como independientes y se obvia la relación existente entre ambas. Este tipo de actividad favorece una mejor comprensión de las ciencias y de cómo las diferentes ramas, Biología, Geología y Química en el caso de esta propuesta, se complementan.

2. Activación de conocimientos previos:

Para que cada estudiante sea consciente de lo que sabe sobre el tema se llevará a cabo la activación de conocimientos mediante la estructura cooperativa simple uno, dos, cuatro. Dicha activación de conocimientos se realizará sobre distintas áreas: suelo, cultivos, rocas, agua y transporte de oxígeno en sangre.

Los conocimientos que se quieren activar son:

- Los cultivos requieren agua.
- La agricultura intensiva emplea fertilizantes.
- Tipos de rocas.
- El ciclo del agua.
- Agua subterránea.
- Deshielo de casquetes polares y glaciares.
- La hemoglobina es la molécula encargada del transporte de oxígeno en sangre.

El docente hará las preguntas de la figura 21 y tras haber trabajado de forma individual, en pareja y en grupos de cuatro, se hará una puesta en común para alcanzar los conceptos indicados en cada pregunta. En la puesta en común el docente utilizará imágenes que representen el ciclo del agua y la distribución del agua en el planeta, así como un mapa sobre el agua subterránea (figura 22).

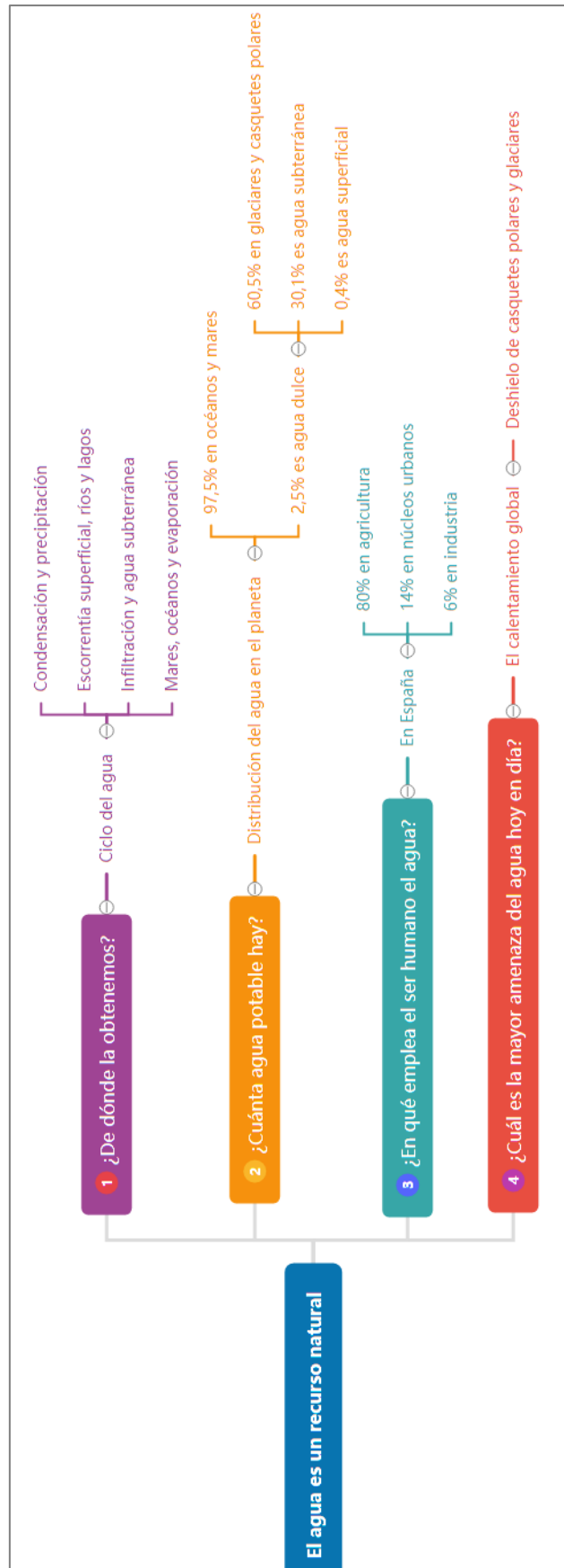


Figura 21: Preguntas relativas al agua basadas en National Geographic, 2020a.

Autora: Realización propia.

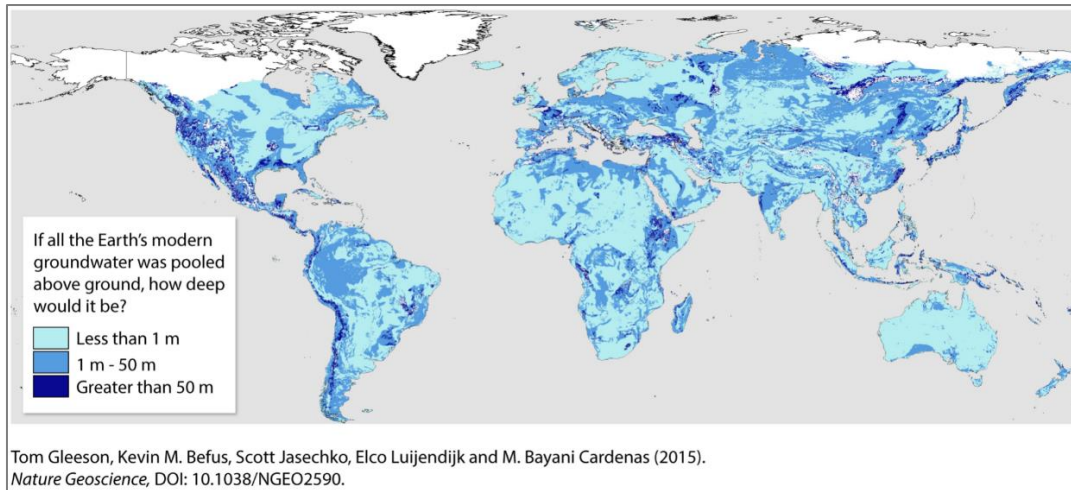


Figura 22: Mapa mundial donde se representa la profundidad que tendrían las aguas subterráneas de estar en la superficie.

Autor: Gleeson et al., 2015.

Tras haber visto que el 80% del agua que se utiliza cada día en España se destina a agricultura (National Geographic, 2020a) (figura 21), se procederá con las preguntas relativas a la agricultura y el suelo (figura 23) siguiendo la misma metodología.

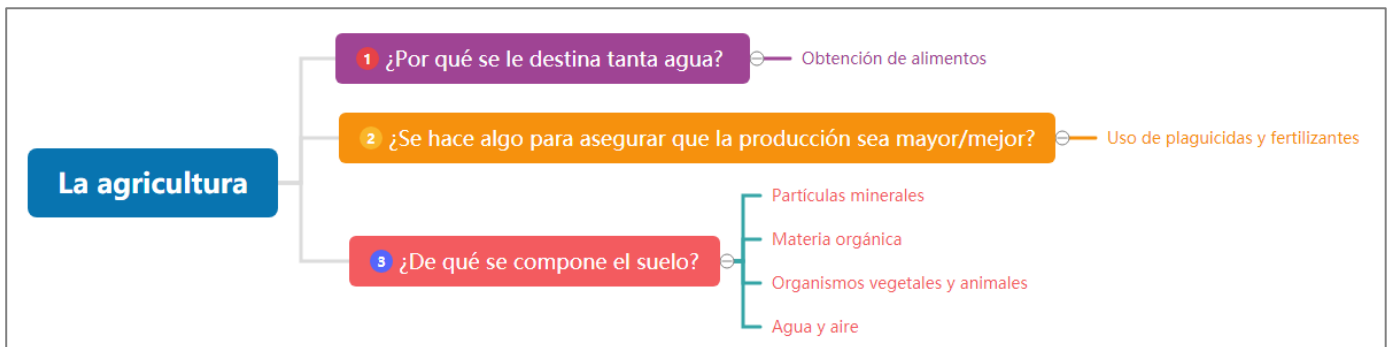


Figura 23: Preguntas relativas a la agricultura y el suelo.

Autora: Realización propia.

Finalmente, tras la puesta en común de las preguntas anteriores, se realizarán las últimas dos preguntas (Figura 24) empleando la misma estructura y haciendo una puesta común al terminar.

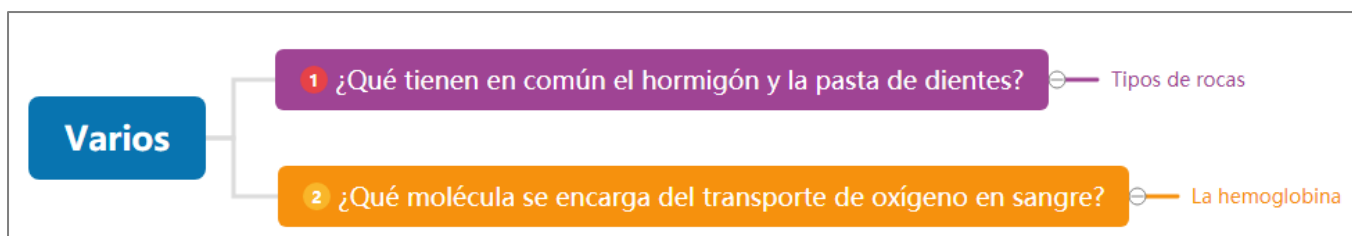


Figura 24: Preguntas relativas a los tipos de rocas y la hemoglobina.
Fuente: Elaboración propia.

3. Formulación de hipótesis:

Una vez que los estudiantes conozcan los contenidos que dan respuesta a la pregunta, se reunirán en los grupos de trabajo y tendrán que dialogar entre ellos para formular una hipótesis.

SESIONES 3 y 4:

1. Planificación de la investigación:

El alumnado tendrá que planificar la investigación que deben realizar, detallando qué datos necesitan conocer, qué instrumentos y materiales necesitan consultar y qué variables han de tener en cuenta. Para ello se les hará saber que las zonas de estudio de esta investigación son dos: la comarca de Pamplona y la Ribera. Cada grupo deberá presentarle al docente la planificación que ha preparado. El docente deberá guiarles, sirviéndose del siguiente guion jerarquizado de preguntas motrices e investigables:

1. ¿Qué requerimientos nutricionales tienen las plantas?
 - 1.1. ¿Dónde y cómo se cultiva en la comarca de Pamplona?
 - 1.2. ¿Dónde y cómo se cultiva en la Ribera?

2. ¿Son igual de salubres las aguas que se beben en la comarca de Pamplona y en Tudela?
 - 2.1 ¿De dónde procede el agua que se bebe en la comarca de Pamplona?
 - 2.2 ¿De dónde procede el agua que se bebe en la Ribera?
 - 2.3 ¿Qué tratamiento reciben estas aguas?

3. ¿Son iguales los suelos de la comarca de Pamplona y de Tudela?
 - 3.1. ¿Qué tipo de suelos predominan en la comarca de Pamplona?
 - 3.2. ¿Qué tipo de suelos predominan en la Ribera?
 - 3.3. ¿Qué características tienen las rocas de uno y de otro?

Una vez que considere que están bien encaminados, el docente les hará saber que la investigación se va a realizar entorno a cuatro áreas: cultivos, agua, suelos y transporte de oxígeno en sangre. Cada grupo tendrá que repartir entre sus integrantes las tres primeras áreas temáticas, de forma que cada uno trabaje una. Además, se les indicará que el material sobre el apartado transporte de oxígeno en sangre, al no ser muy extenso, lo trabajarán todos. Para que los estudiantes puedan tener su planificación ordenada se les pedirá que rellenen la plantilla “Documento del alumno al iniciar una investigación” de Cedec (anexo V).

2. Ejecución de la investigación:

El docente repartirá el material con el que realizar la investigación, que no contendrá toda la información necesaria para dar respuesta a las preguntas. De este modo, los estudiantes aprenderán a no recibir todas las respuestas y a buscar información fiable por su cuenta. Para ello se les repartirá una copia de “Plantilla de consejos para organizar la búsqueda eficaz de información”, de Cedec (anexo VI). Cada integrante trabajará el área temática que le haya sido asignada de forma individual. Posteriormente, se formarán los grupos de expertos al reunirse los estudiantes de todos los grupos que estén trabajando la misma área temática. De esta forma se pondrán ideas en común y se resolverán dudas. Cada alumno deberá cumplimentar una plantilla para la elaboración de notas Cornell (anexo VII) de forma que pueda tener la información bien organizada.

El material contiene la siguiente información:

-Folleto informativo sobre el manantial de Arteta y la Estación de Tratamiento de Eguillor, Mancomunidad de Pamplona, 2012 (http://www.mcp.es/sites/default/files/documentos/estacion_tratamiento_agua_egillor_2012.pdf).

-Resumen de la Memoria de la Red de Calidad de las Aguas Subterráneas año 2020, Gobierno de Navarra, 2020 (anexo VIII).

-Mapa sobre los tipos de suelos en la Comunidad Foral de Navarra, UPNA, 2017 (anexo IX).

-Resumen realizado a partir de *Basulto, Manera y Baladía, 2014* y *La salud y los nitratos, IGME, s.f.* (anexo X).

-Instrucciones para el uso de las capas *Mapa geológico 1:25.000, Zonas vulnerables a la contaminación por nitratos* (figura 25 y anexo XI) y *Vulnerabilidad de los Acuíferos a la contaminación* (figura 26 anexo XII) de IDENA.

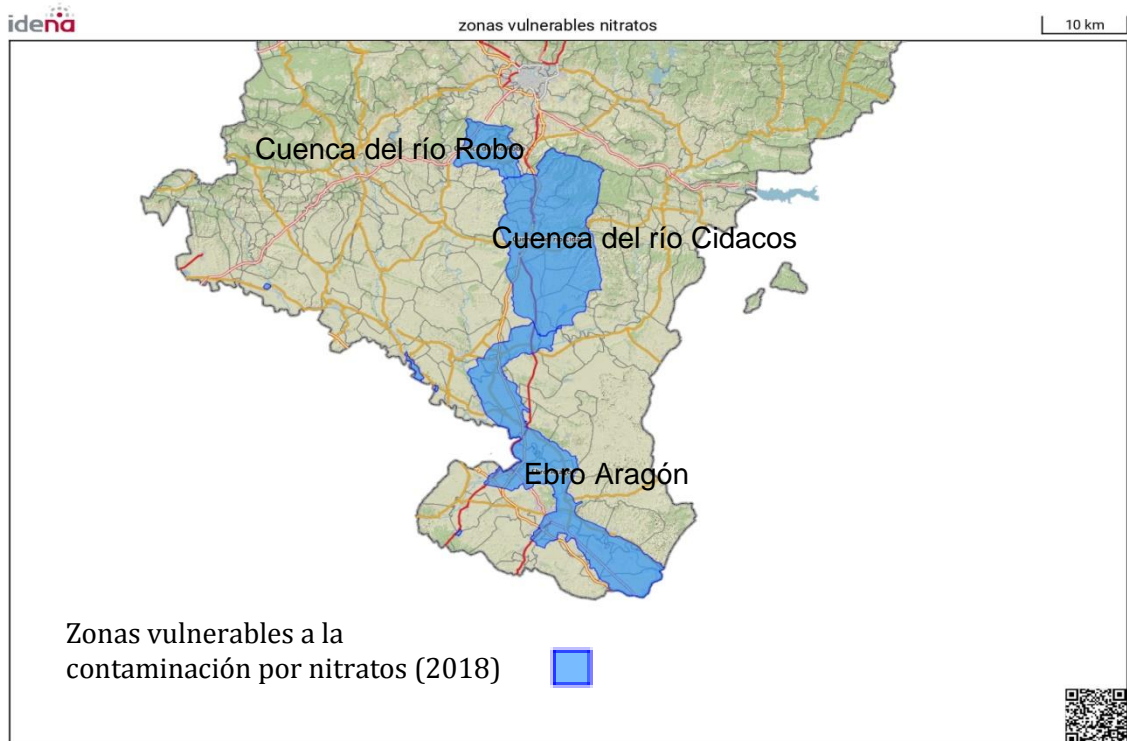


Figura 25: Mapa de las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos (2018), IDENA. Fuente: Realización propia.

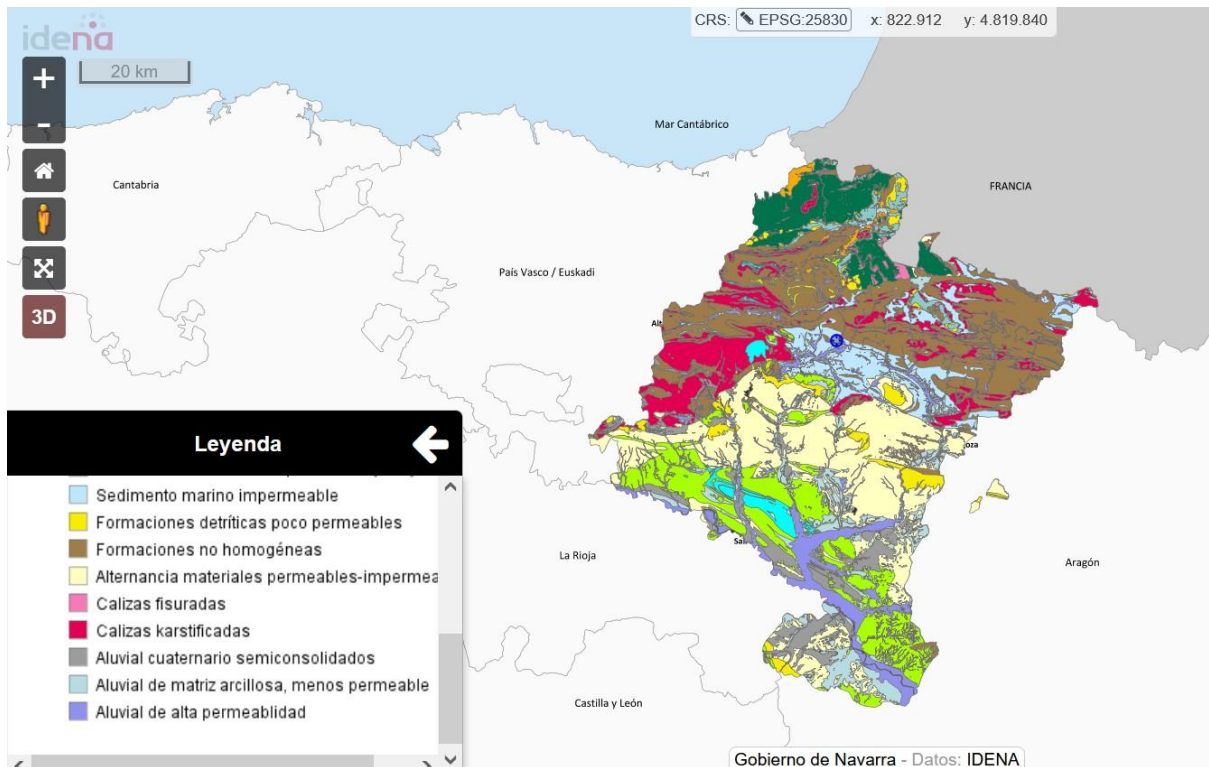


Figura 26: Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación.

Fuente: IDENA.

Después de haber trabajado con los grupos de expertos, los estudiantes volverán a reunirse con el grupo de origen y cada uno hará una explicación sobre lo investigado empleando las notas Cornell. Una vez explicadas las tres áreas procederán a trabajar el material sobre el transporte de oxígeno.

3. Interpretación de datos:

El grupo deberá establecer las conexiones que hay entre las cuatro áreas de estudio.

SESIÓN 5:

1. Conclusión y aceptación o rechazo de la hipótesis:

Una vez acabada la investigación deberán concluir una respuesta a la pregunta motriz y en vez de aceptar o rechazar la hipótesis que establecieron al comienzo, deberán corregirla y ajustarla.

La relación a la que han de llegar es que el uso de fertilizantes en la agricultura es la causa principal de contaminación por nitratos de las aguas subterráneas. Los tratamientos a los que se somete el agua antes de su consumo no eliminan dichos nitratos, que son convertidos en nitritos y otras formas de nitrógeno en el intestino. Los nitritos son componentes que provocan un aumento de metahemoglobina en sangre, molécula que no es capaz de transportar oxígeno tan eficazmente como la hemoglobina.

2. Puesta en común:

El portavoz de cada grupo dará a conocer la conclusión al resto de la clase, de forma que todos lleguen a comprender la respuesta a la pregunta motriz. Finalmente, reflejarán el proceso llevado a cabo en la plantilla “Documento del alumno al finalizar una investigación”, de Cedec (anexo XIII).

3. Extrapolación del aprendizaje a un caso real:

Para asegurar la transferencia de conocimientos, los estudiantes deberán aplicar lo aprendido sobre el siguiente caso real y realizar una comparación con su propia realidad. Seguirán realizando un trabajo cooperativo, pero en esta ocasión no se empleará la técnica del Puzzle, sino que trabajarán en los grupos de origen. El objetivo que se persigue es trabajar el ciclo integral del agua y la diferencia de legislación sobre sus usos, así como generar conciencia sobre la importancia de tener agua de calidad. Para finalizar la primera fase de la propuesta se procederá a un debate sobre la relevancia de tener agua salubre y la ética de los usos del agua.

Texto sobre el caso real:

“Los Laureles de Guasaganda es una pequeña aldea de 103 habitantes de Ecuador que no sale en Google Maps. Cuenta con seis farolas, una iglesia, una escuela y una pista asfaltada. La instalación eléctrica se realizó hace 8 años y el agua que utilizan para beber, cocinar e higiene la toman directamente del río Maguila, que rodea el pueblo. Este río nace en una colina cercana y desemboca en el océano Pacífico. Una vez utilizada el agua la devuelven al río sin aplicarle ningún tipo de tratamiento.

El nombre de la aldea le viene de los laureles que abundaban en la zona hace unos 80 años. Sin embargo, los campesinos talaron el bosque tropical y en su lugar sembraron plátano y cacao para exportación. A día de hoy todas las familias de la zona viven de las exportaciones de estas frutas y trabajan los 7 días de la semana cuidando de sus cultivos. El uso de fertilizantes y pesticidas está muy extendido porque es así como se aseguran de no perder su única fuente de ingresos.

La mayoría de los niños y niñas trabajan de día ayudando a sus padres con los cultivos y estudian por la tarde, con resultado poco esperanzador. Además dejan de estudiar a los 17 para trabajar. Muchos no reciben una educación sexual y la mayoría de las chicas se quedan embarazadas con 17-19 años”.

FASE 2: ACTIVIDADES DE LABORATORIO

La fase 2 dedicada a las actividades de laboratorio se realizará durante tres sesiones (figura 27). El objetivo de este bloque de trabajo es que el alumnado comprenda el papel que juegan el suelo y la roca en el aporte de minerales al agua que los atraviesa. De esta forma, pueden abordarse las siguientes dificultades del aprendizaje de la Geología: el tiempo geológico, el papel de la infiltración en el ciclo hidrológico, la conexión entre flujos superficiales y subterráneos o que el suelo es marrón e igual en todas partes. Durante estas sesiones se mantendrán los grupos establecidos para la fase de indagación, a menos que ésta haya permitido ver la incompatibilidad de algunos estudiantes.

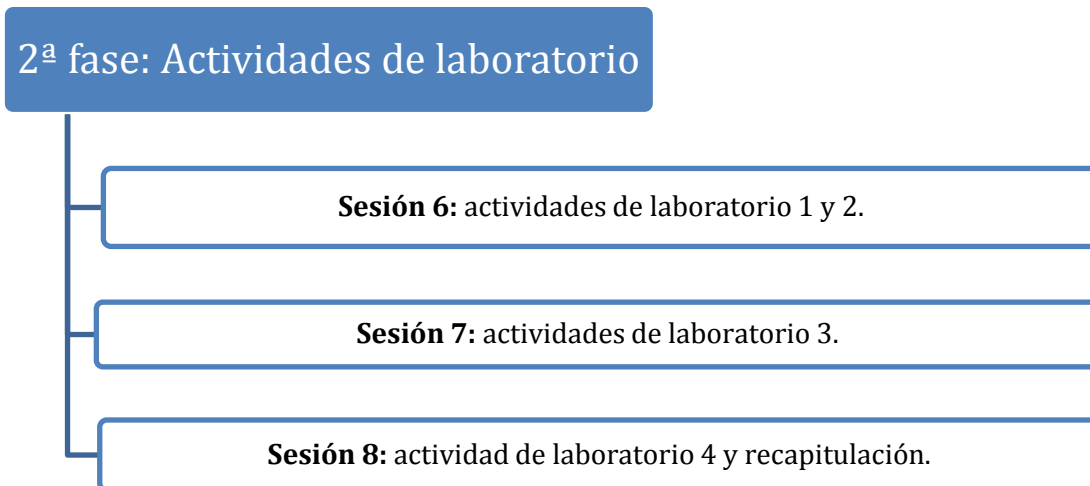


Figura 27: Temporalización de la fase 2, actividades de laboratorio.

Autora: Elaboración propia.

Para las próximas tres sesiones se proponen cuatro actividades de laboratorio enfocadas a lograr una visión integral y no tan descriptiva del proceso de karstificación. Algunas de ellas han sido tomadas de Pla et al., 2016. Tres de las actividades, que tienen un enfoque transversal con la química, se basan en las transformaciones químicas que experimenta el agua al entrar en contacto con los materiales que intervienen en el proceso de karstificación. Otra de las actividades consiste en estudiar la circulación del agua en el karst y al final se realizará una actividad de recapitulación.

Para las actividades enfocadas en la transformación química del agua se propone el estudio de cuatro parámetros fisicoquímicos: conductividad eléctrica, temperatura, pH y dureza. Los estudiantes recibirán un guion de prácticas con la siguiente información, también tomada de Pla et al., 2016:

Conductividad eléctrica: Es el parámetro que indica el contenido mineral que presenta un agua, debido a que su valor depende de la cantidad de sales disueltas. Su unidad más habitual es el microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y se mide mediante un conductímetro. La ecuación que permite estimar la mineralización aproximada de un agua a partir de la conductividad eléctrica es:

$$TSD = K * CE$$

donde CE es la conductividad eléctrica, K es la constante, cuyo valor es 0.64 y TSD es el total de sales disueltas, que se expresa en mg/L.

Para simplificar estas actividades y adecuarlas al nivel de 3ºESO, se toma como único valor de K 0.64, aunque en la realidad es un valor que puede oscilar hasta 0.7. Además, se obvia que la conductividad eléctrica depende de la temperatura, el tipo de iones y la concentración de los mismos.

Asimismo, el guion de prácticas incluirá una lista de tipos de agua con diferentes valores de conductividad, de forma que el alumnado pueda valorar qué valores de conductividad pueden ser habituales, cuáles son muy bajos y cuáles muy altos.

Temperatura del agua: Es el parámetro que refleja la cantidad de calor de un agua.

pH: Es el parámetro que mide la acidez o alcalinidad de un agua mediante la cuantificación de su concentración de iones hidronio (H_3O^+). Se determina con un pHmetro o con tiras reactivas. Las variaciones de pH que se estudian en estas actividades responden a las reacciones que tienen lugar en el karst. El agua de lluvia es de mineralización débil, por lo que suele ser ligeramente ácida. Tras su paso por el suelo el agua se enriquece de CO_2 y se acidifica (disminuye su pH), lo que aumenta su capacidad de disolver carbonatos, tras lo cual aumenta el pH.

Dureza: A pesar de que la dureza es el contenido de todos los cationes multivalentes presentes en el agua, para estas actividades se toma el ion calcio como único indicador. Esto se debe a que su concentración en el agua depende de una reacción cinética rápida y es un indicador directo del proceso de disolución de las rocas carbonatadas. Para su detección se emplean kits comerciales que pueden adquirirse en establecimientos que venden material para acuarios o piscinas.

Este parámetro está relacionado con la calidad del agua y se expresa en mg de carbonato de calcio por litro de agua (mg CaCO₃/L). La tabla 6 refleja la clasificación de las aguas en función de su dureza.

Tabla 6: Clasificación de las aguas en función de su dureza.

TIPO DE AGUA	CONCENTRACIÓN DE CaCO ₃ (mg/L)
Blanda	<50
Ligeramente blanda	50-100
Ligeramente dura	100-200
Muy dura	>200

SESIÓN 6:

1. Introducción

Al comienzo de la sesión 6, el docente explicará los detalles de las próximas sesiones y recordará las normas de seguridad del laboratorio. Para dar comienzo a estas actividades impartirá una explicación teórica sobre el modelado kárstico y los agentes que intervienen en él: la roca caliza, el agua (con su quimismo específico), el suelo (con sus tipos de texturas y características particulares. Además, hará hincapié en la importancia tanto de la textura como de las funciones del suelo. Asimismo, al comienzo de cada actividad explicará los fundamentos básicos de cada una y posteriormente procederá a leer en voz alta el guion para dejar claro los pasos que han de seguir los estudiantes.

2. Actividad de laboratorio 1: Caracterización química del agua de lluvia

Objetivo: Conocer la mineralización del agua de lluvia antes de la circulación por los terrenos kársticos mediante un análisis fisicoquímico.

Fundamentos básicos: La mayoría del agua que llega al karst lo hace en forma de precipitación, que es el proceso mediante el cual el agua de la atmósfera se condensa y vuelve a la superficie terrestre. La condensación ocurre sobre sales procedentes del aerosol marino, polvo atmosférico o partículas de combustión y dado que el agua tiene gran capacidad de disolución, incorpora algunas de estas partículas. En consecuencia, el agua adquiere cierta mineralización.

Materiales: Agua de mineralización débil, un conductímetro, un termómetro, kits analíticos de calcio y tiras de pH o pHmetro.

Desarrollo de la actividad:

-**Caracterización química:** Cada grupo realizará el análisis de un agua de mineralización débil disponible en el laboratorio y que el docente adquirirá en el mercado. Para ello recogerán los datos de conductividad eléctrica, pH y calcio. Para ello, cada dato se tomará tres veces y se realizará la media. El docente hará saber a los estudiantes la temperatura a la que estaba el agua. El grupo deberá anotar los datos en la tabla del guion (tabla 7) y contestar las preguntas que en él aparecen.

Tabla 7: Datos obtenidos de la caracterización química del agua de lluvia.

	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Ca^{2+} (mg/L)
Dato 1				
Dato 2				
Dato 3				
Media				

Preguntas:

- Estima la mineralización del agua a partir de la conductividad eléctrica.
- Clasifica el tipo de agua en función de su dureza.

3. Actividad de laboratorio 2: Permeabilidad y porosidad. Caracterización química del agua de lluvia después de atravesar el suelo.

- Objetivos:
- (1) Entender los conceptos de permeabilidad y porosidad del suelo.
 - (2) Conocer la mineralización que tiene el agua después de atravesar el suelo mediante un análisis fisicoquímico.
 - (3) Entender cómo influyen el clima y el sustrato rocoso en el quimismo del agua.

Fundamentos básicos: El suelo es la primera interfase que el agua de lluvia atraviesa cuando llega a la superficie. La porosidad se refiere al volumen de suelo no ocupado por sólidos (FAO, permeabilidad del suelo). Por tanto, los poros son los espacios en los que se cuela el agua en su recorrido a través del suelo.

La permeabilidad de un suelo es la capacidad de éste para transmitir agua (FAO, portal de Suelos de la FAO) y es un parámetro relacionado con la textura. Refleja el caudal que se infiltra en un determinado tiempo, por lo que se expresa en cm/hora. Esta capacidad hace que el suelo pueda actuar como agente depurador.

Durante su paso por el suelo el agua sufre una transformación química debido a que aumenta su mineralización e incorpora CO₂ procedente de la descomposición de la materia orgánica. Como resultado de la acidificación, el agua tendrá mayor capacidad de disolución de los carbonatos.

Materiales: Muestras de suelo, para cuya recogida se necesitan una pala y bolsas. Para simular la infiltración, cada grupo empleará el agua entregada en la actividad anterior, una botella de plástico y recipientes de recolección. Para la caracterización fisicoquímica son necesarios un conductímetro, un termómetro, kits analíticos de calcio y tiras de pH o pHmetro. El docente hará uso de la página *Suelos* del Instituto Geográfico Nacional (<http://atlasnacional.ign.es/wane/Suelos>) para favorecer el entendimiento de los conceptos suelos, permeabilidad y porosidad (figura 28).

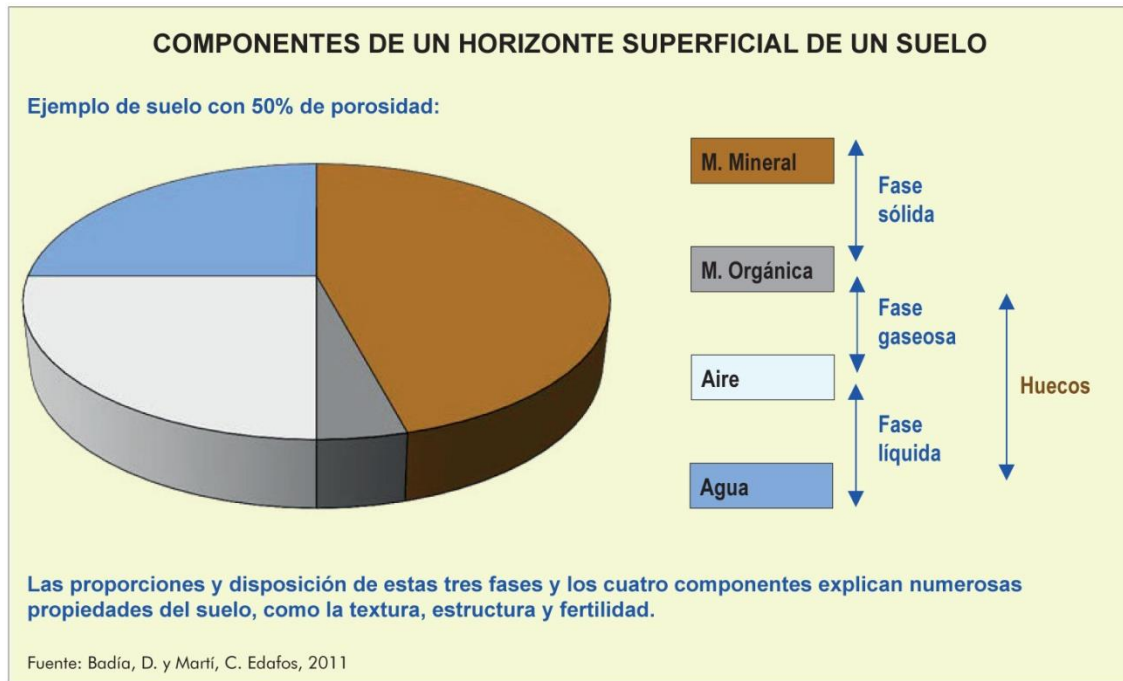


Figura 28: Componentes de un horizonte superficial de un suelo.

Fuente: CC BY 4.0 ign.es, 2020.

Desarrollo de la actividad:

-Recogida de muestras de suelo: El docente deberá recoger muestras de suelos con distinta textura ayudándose del mapa de unidades litológicas de Navarra. Deberá conseguir muestras de suelos arcillosos, calizos y arenosos.

-Permeabilidad: Se repartirá a cada grupo 100 g de dos muestras distintas de suelo (previamente preparados), que deberán colocar en dos botellas de plástico invertidas cuya base haya sido retirada y el tapón agujereado. Deberán comparar el volumen de agua infiltrada en cada muestra para un mismo tiempo (10 minutos). Se irá añadiendo agua poco a poco y se recogerá el agua que atraviesa el suelo en vasos de precipitados.

-Porosidad: Se introducirán 100 g de suelo en un recipiente y se le añadirán 100g de agua. Se observará que la totalidad del volumen alcanzado no es 200 g. El alumnado deberá debatir dónde está el agua restante.

-Caracterización química: Cada grupo realizará el análisis del agua que ha recogido tras la infiltración, tomando los datos de conductividad eléctrica, temperatura, pH y calcio. Para ello, cada dato se tomará tres veces y se realizará la

media. El grupo deberá anotar los datos en las tablas del guion (tabla 8) y contestar las preguntas que en él aparecen.

Tabla 8: Datos obtenidos de la caracterización química del agua infiltrada en el suelo.

	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Ca^{2+} (mg/L)
Dato 1				
Dato 2				
Dato 3				
Media				

Preguntas:

- Estima la mineralización del agua a partir de la conductividad eléctrica.
- Clasifica el tipo de agua en función de su dureza.

Independientemente del resultado del análisis del quimismo, que puede servir o no para comprender la influencia del suelo en la mineralización del agua dependiendo del resultado que se obtenga, se trabajará la influencia del sustrato rocoso y del clima en las propiedades físicas y químicas de los suelos. Para ello se emplearán los datos relativos a los análisis de suelos de Madoz (sustrato calizo), Pamplona (sustrato margoso) y Anoz (sustrato volcánico) (Trueba et al., 1999) (anexo XIV). Las variables a estudiar son concentración de iones de calcio, concentración de iones de magnesio, pH y porcentaje de materia orgánica.

A continuación, deberán localizar estos lugares en el mapa de dominios litológicos de España (figura 29 y anexo XV), en el que se muestran los dominios resultantes del predominio de sustratos calcáreos, arcillosos, arenosos y volcánicos en una determinada área. El alumnado deberá observar que el tipo de sustrato rocoso, así como el clima, condicionan el quimismo del agua cuando ésta se infiltra en el terreno. Esto permite que el alumnado adquiera una idea general en cuanto a la diversidad de sustratos rocosos presentes en la península Ibérica. Para esta actividad resulta muy útil usar el visor IDENA (<https://idena.navarra.es/Portal/Inicio>), donde pueden observar la geología, además de la web del Servicio Meteorológico del Gobierno de Navarra (<http://meteo.navarra.es/>), donde podrán encontrar los mapas climáticos de Navarra.



Figura 29: Mapa con los dominios litológicos de España.
Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

SESIÓN 7:

1. Actividad de laboratorio 3: Circulación del agua en el karst.

Objetivo: Entender el movimiento del agua en la zona no saturada de los terrenos kársticos.

Fundamentos básicos: El agua circula a través del terreno kárstico a través de poros, pequeñas fisuras en la roca o conductos más espaciosos, y por tanto, su desplazamiento puede ser lento o rápido. Esto hace que construir simulaciones que reproduzcan dicha circulación sea complejo. Esta actividad consiste en una aproximación de lo que ocurre de forma natural en las cavidades kársticas.

Materiales: Rocas calizas, martillo o maza, cinta americana, jeringuillas, agua, colorante y gafas de seguridad.

Desarrollo de la actividad:

-*Recogida de rocas calizas:* Pueden recogerse de un afloramiento de rocas carbonatadas o pueden pedirse en las fábricas de construcción, que desechan restos o muestras fisuradas de baja calidad.

-*Circulación del agua:* Las rocas se precintan lateralmente con la cinta americana y se golpean con el martillo o la maza hasta lograr varias fisuras (figura 30). Para ello se hará uso de las gafas protectoras. A continuación se introduce con ayuda de las jeringuillas el agua previamente coloreada en las fisuras (figura 31). Puede introducirse agua de distintos colores en las distintas partes de la muestra. Pasados 15-20 minutos se retira la cinta americana (figura 31). El grupo deberá contestar las preguntas del guion de prácticas.

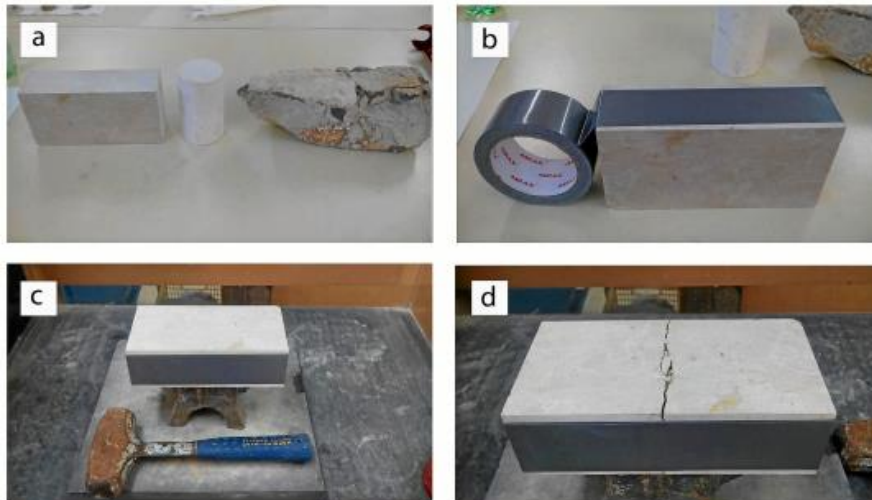


Figura 30: Precintado de las rocas y rotura con martillo o maza.

Fuente: Pla et al., 2016.

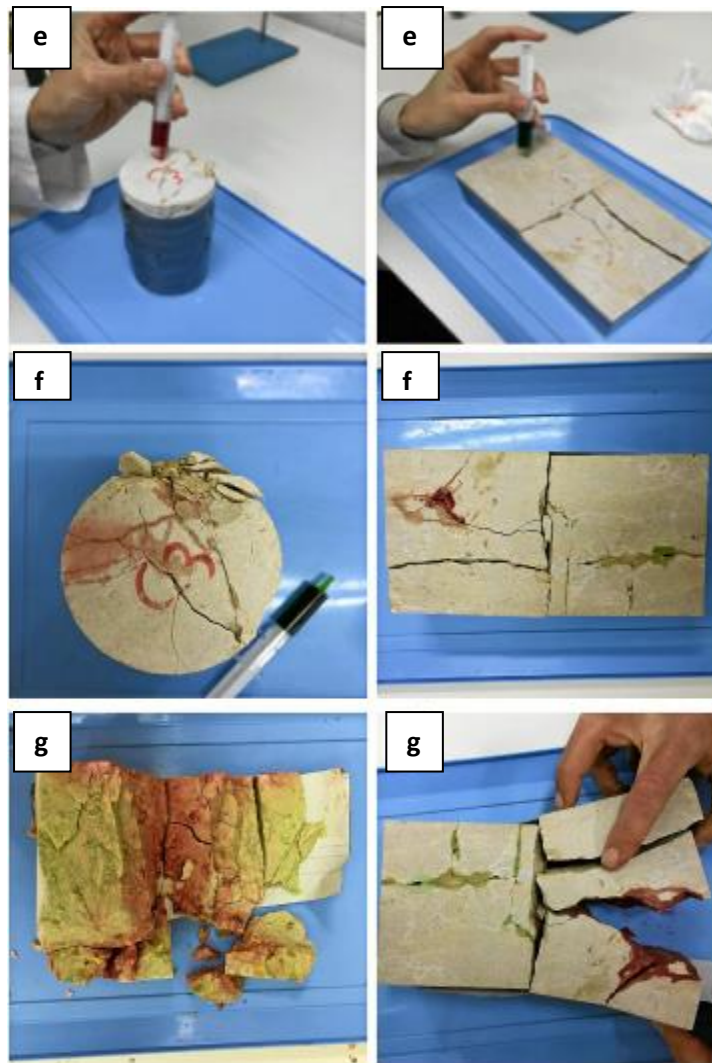


Figura 31: Infiltración del agua y rotura de la cinta americana.

Fuente: Pla et al., 2016.

Preguntas:

- ¿Circula el agua igual por todas las partes de la muestra? ¿A qué creéis que se debe?
- Una vez analizado el recorrido que ha realizado el agua en la maqueta, describid el movimiento que realiza el agua en la zona no saturada de un acuífero.

SESIÓN 8:

1. Actividad de laboratorio 4: Caracterización química del agua del manantial.

Objetivo: (1) Analizar la mineralización que tiene el agua después de haber estado en contacto con material kárstico.

(2) El tiempo geológico.

Fundamentos básicos: El agua que entra en el acuífero, que está enriquecida en CO₂ tras su paso por el suelo, interacciona con la roca carbonatada y en consecuencia, se producen cambios en su composición química.

Materiales: Analíticas de distintos manantiales de Navarra (anexo XVI) y resultados de la actividad 1.

Desarrollo de la actividad:

-*Comparación de manantiales:* Los estudiantes deberán analizar las tablas de los análisis relativos a los manantiales de Fitero, Belascoáin y Betelu (anexo XVI) y compararlas con los datos obtenidos en la actividad 1. Deberán observar cómo el paso y la permanencia del agua en el suelo y la roca le confieren el quimismo y la alta carga de mineralización. Esto permite hacer referencia al tiempo geológico como factor condicionante.

-*Localización geográfica:* El alumnado deberá ubicar los manantiales de Fitero, Belascoáin y Betelu en un mapa a través del visor IDENA.

2. Recapitulación:

Los estudiantes representarán mediante un mapa conceptual lo aprendido en las fases de indagación y de laboratorio sobre las aguas subterráneas, el proceso de karstificación y los cambios que experimenta el agua. Se hará una puesta en común de forma que se consiga un mapa conceptual común para toda la clase.

FASE 3: EVALUACIÓN

SESIÓN 9:

La evaluación es una de las condiciones necesarias para mejorar la enseñanza, ya que su finalidad principal es la regulación, tanto de la enseñanza como del aprendizaje. En consecuencia, enseñar, aprender y evaluar han de considerarse como tres procesos inseparables (Sanmartí, 2007).

La evaluación que aquí se propone no es ni calificativa ni sumativa, es decir, no está enfocada a acreditar que el alumnado ha adquirido unos determinados conocimientos. Se trata de una evaluación formativa, orientada a que el docente identifique los cambios que hay que introducir para ayudar al alumnado en el proceso de construcción del conocimiento. Además, es formadora, ya que está enfocada a que cada estudiante identifique los cambios que debe realizar para avanzar en dicho proceso (Sanmartí, 2007).

Para asegurar la evaluación formadora es imprescindible que haya un feedback regulador y esta propuesta, al carecer de calificación, es ideal para trabajarlo de forma que se centre únicamente en el aprendizaje y no en la puntuación. Por tanto, el docente ha de prestarse como guía durante toda la propuesta, realizando críticas constructivas, realistas y positivas. Por otro lado, el error es útil para regular el aprendizaje, y está comprobado que sólo el propio alumno puede corregir sus errores, dándose cuenta de por qué se equivoca y tomando decisiones de cambio adecuadas (Sanmartí, 2007).

Por tanto, los objetivos que se han fijado para la evaluación de esta propuesta didáctica son:

- Que el docente conozca las dificultades que presenta su alumnado para ser capaz de ayudarles en su proceso de aprendizaje y adecuarse a las necesidades que presentan.
- Que el alumnado sea consciente del proceso de aprendizaje y de las dificultades que en él ha encontrado.

Para cumplir con el primer objetivo, el docente recogerá las plantillas “Documento del alumno al finalizar una investigación”, las notas Cornell y los mapas conceptuales del apartado de recapitulación. No llevará a cabo ninguna calificación, sino que las empleará para realizar mejores de cara al siguiente curso.

La autoevaluación y la coevaluación son estrategias fundamentales en un dispositivo pedagógico que incorpore la autorregulación del aprendizaje (Sanmartí, 2007). Por esta razón y debido a que las calificaciones se entregan antes de la realización de las actividades, la evaluación se centra en la metacognición a través de la autoevaluación, y en la evaluación del trabajo cooperativo mediante la coevaluación. Neus Sanmartí destaca el valor de la autoevaluación, ya que sin ella no habría progreso y especifica que la evaluación más importante es la que realiza cada persona sobre su propio aprendizaje. Por otro lado, asegura que conseguir que el trabajo colectivo sea cooperativo no es fácil, ya que éste requiere revisar tanto el trabajo individual como el que se realiza en grupo (Sanmartí, 2007).

La evaluación de esta propuesta se llevará a cabo en la última sesión, la sesión 9, empleando el formulario KPSI y una rúbrica. El formulario KPSI (Knowledge and Prior Study Inventory) es un cuestionario de autoevaluación que les permite a los estudiantes conocer el grado de conocimiento respecto a un tema (Universidad de Alicante, s.f.). Se plantea al inicio de la propuesta para conocer el punto de partida de cada estudiante y también al final de la propuesta, para hacerlos conscientes del proceso que han llevado a cabo. Es por eso que tiene carácter formador.

El alumnado volverá a realizar el mismo formulario KPSI que realizó en la primera sesión (tabla 15). De este modo, cada estudiante podrá ser consciente del progreso que ha realizado. En segundo lugar, cada estudiante rellenará una rúbrica de evaluación para cada miembro del grupo (tabla 16). Esta coevaluación además de evaluar el trabajo cooperativo, consiste en subrayar los puntos fuertes de cada compañero, además de sugerir posibles mejoras.

Tabla 15: Formulario KPSI para autoevaluación. Realización propia.

	No lo sé	Me suena	Lo sé	Lo sé y sabría explicarlo
¿Conoces lo que es el agua subterránea?				
¿Sabes por qué es importante su conservación?				
¿Sabes qué paisaje se asocia al agua subterránea?				
¿Conoces los pasos a seguir en una investigación científica?				
¿Sabrías decir qué es el trabajo cooperativo?				

Tabla 16: Rúbrica de coevaluación. Realización propia.

ASPECTOS	NIVEL DE AUTONOMÍA			
	EXPERTO	AVANZADO	APRENDIZ	NÓVEL
Es responsable con la parte del trabajo asignada.	Sí, ha hecho todo lo que tenía que hacer.	Ha hecho el 70-80% del trabajo que tenía que hacer.	Ha terminado un poco más de la mitad de la tarea asignada.	Ni siquiera ha hecho la mitad de la tarea asignada.
Es responsable con las partes grupales del trabajo.	Participa activamente en la discusión grupal de todas las áreas de trabajo.	Participa en la discusión grupal aunque sólo en lo que respecta a su área de trabajo.	Presta atención pero no realiza aportaciones.	No participa en las discusiones.
Escucha las opiniones de los demás compañeros.	Escucha y acepta los comentarios y las sugerencias y los usa para mejorar su trabajo.	Escucha los comentarios y las sugerencias pero no los usa para mejorar su trabajo.	Aunque escucha los comentarios y sugerencias no los acepta positivamente.	No escucha al resto de compañeros.
Ha cumplido con el rol asignado (portavoz, secretario, silencio)	Sí, ha cumplido con las funciones que su rol implicaba durante todo el proceso.	Ha cumplido con las funciones que su rol implicaba el 70-80% de las veces.	Ha cumplido con las funciones que su rol implicaba el 50% de las veces como mucho.	No ha cumplido con las funciones que su rol implicaba.
Su punto fuerte es...				
Necesita mejorar en...				

En conclusión, el objetivo de esta propuesta de evaluación no es calificar al alumnado, ya que al haber recibido las calificaciones finales, ese tipo de evaluación carece de sentido. La propuesta se basa en conseguir despertar la motivación del alumnado para que acuda a clase por el simple hecho de querer aprender y no por la obligación de aprobar. Ante esta situación, no se presenta un instrumento que cuantifique el resultado del aprendizaje del alumnado.

5 CONCLUSIÓN

Conforme aumentan la población y la demanda de alimentos y el cambio climático provoca el derretimiento de casquetes polares y glaciares y agrava las sequías, se agravarán las presiones a las que está sometida el agua subterránea. Esto se debe a que las aguas subterráneas mantienen el curso de los ríos incluso en épocas de sequía y su extracción desmedida impide su reabastecimiento (National Geographic, 2020b). Además, el suministro de agua dulce a escala planetaria peligra ante la desaparición de los recursos hídricos de alta montaña (National Geographic, 2020a).

Ante esta situación, surge la necesidad de cuidar y proteger el agua subterránea, así como de entender su funcionamiento y su importancia. De ahí que el objetivo principal de esta propuesta didáctica sea capacitar al alumnado para que comprenda el papel que juegan las aguas subterráneas en nuestras vidas. A través de la Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación, del trabajo cooperativo y de actividades de laboratorio, se espera que el alumnado desarrolle una sensibilización hacia el agua subterránea, en vista de la importancia que este recurso tendrá en un futuro cercano. Asimismo, se cree que este enfoque puede motivar a los estudiantes para que sigan acudiendo a clase una vez obtenidas las calificaciones finales.

Por otro lado, dado que la adquisición de contenidos hay que considerarla como un medio para lograr el desarrollo de capacidades, es importante que al final del proceso de aprendizaje el alumnado haya adquirido las competencias fijadas en los objetivos. La fusión de la Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación con el trabajo cooperativo, llevado a cabo a través de la técnica cooperativa del Puzzle, permite

trabajar los diferentes aspectos de las competencias aprender a aprender y la competencia científica. Por otro lado, mediante la comparación con el caso real de Ecuador se consigue que el alumnado sea consciente de la importancia que tiene disponer de agua de calidad. Finalmente, al contextualizar la propuesta en Navarra, se consigue el objetivo de darles a conocer el entorno en el que viven.

En conclusión, la presente propuesta es relevante porque, por un lado, está contextualizada en una situación real cercana al alumnado, y por otro lado, porque implementa varias de las estrategias recomendadas para lograr que el proceso de enseñanza-aprendizaje se centre en el alumnado.

6 BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, Y. (10 de diciembre del 2020). *Consecuencias de que el agua cotice en el mercado de futuros*. Recuperado de: <https://www.elsaltodiario.com/agua/consecuencias-agua-cotice-bolsa-mercado-de-futuros>

Bolívar Botia , A., Barbera, E., y Calvo Fernández J. R. (2000). *El constructivismo en la práctica*. Barcelona, España: Editorial Graó.

Borunda, A. (2020a). National Geographic. *El suministro de agua dulce del planeta peligra ante la desaparición de los recursos hídricos de alta montaña*. Recuperado de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/12/recursos-hidricos-planeta-peligra-torres-de-agua-montanas> (fecha)

Borunda, A. (2020b). National Geographic. *La sobreexplotación de los acuíferos está acabando con nuestros ríos*. Recuperado de: <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2020/03/sobreexplotacion-acuiferos-esta-acabando-con-rios>

Brady, H. (2020). National Geographic. *La escasez de agua obliga a estas niñas indias a descender un pozo de 12 metros*. Recuperado de: <https://www.nationalgeographic.es/video/tv/la-escasez-de-agua-obliga-estas-ninas-indias-descender-un-pozo-de-12-metros>

Cabrera, A. M. (2015). *3ºESO Biología y Geología. Volumen: El relieve terrestre y su evolución*. Madrid, España: Oxford University Press España.

Centro Nacional de Desarrollo Curricular en Sistemas No propietarios (s.f.) *Estructuras cooperativas simples: 1-2-4*. Recuperado de: <https://cedec.intef.es/rubrica/estructuras-cooperativas-simples-1-2-4/>

Critican el cambio de los exámenes de septiembre a junio en Navarra: "Reduce el tiempo de clase y el contenido". (21 de junio del 2019). Navarra.com. Recuperado de <https://navarra.elespanol.com/articulo/sociedad/solicitan-valorar-adelanto-examenes-septiembre-juni/20190621183546270887.html>

Decreto Foral 24/2015, de 22 de abril, por el que se establece el currículo de las enseñanzas de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Foral de Navarra. Boletín Oficial de Navarra N° 127. 02 de julio de 2015.

Departamento de Educación del Gobierno de Navarra (2021). *Calendario escolar 2020-2021*. Recuperado de <https://www.educacion.navarra.es/web/dpto/calendario-escolar>

Departamento de Educación, Universidades e Investigación del Gobierno Vasco (2012). *Competencia para aprender a aprender*.

Fernández, G., y González, F. (2013). Propuesta didáctica basada en la investigación dirigida: la importancia del agua subterránea en el caudal de los ríos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(1), 84-90.

García, M. y Hoyas, M. E. (2015). *ESO 3 Biología y Geología*. Zaragoza, España: Grupo Editorial Edelvives.

García, N. (2020). Ayuda en Acción. *La guerra del agua: países con mayor escasez de agua*. Recuperado de: <https://ayudaenaccion.org/ong/blog/sostenibilidad/guerra-agua-paises-escasez/>

Gil-Flores, J. (2012). Actitudes del alumnado español hacia las ciencias en la evaluación PISA 2006. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(2), 131-152.

González, I. y Echavarren, S. (12 de junio del 2017). 13.000 alumnos de ESO y Bachillerato estrenan las recuperaciones de junio. Diario de Navarra. Recuperado de: <https://www.diariodenavarra.es/noticias/navarra/2017/06/12/13-000-alumnos-eso-bachillerato-estrenan-las-recuperaciones-junio-536197-300.html>

IESO Berriozar DBHI. *Calendario escolar curso 2020-2021*. Recuperado de: <http://iesoberriozar.educacion.navarra.es/>

López-Geta, J. A., Fornés, J. M., Ramos, G., y Villarroya, F. (2009). *Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo*. Madrid, España: Instituto Geológico y Minero de España.

Lupión, T., y Girón, J. R. (2020). Percepciones del alumnado de Educación Secundaria (15-17 años) hacia la función social de la ciencia. *Didáctica de las ciencias Experimentales y Sociales*, (39), 81-98.

Marbà-Tallada, A., y Márquez, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de primaria a cuarto de ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 19-30.

Ministerio de Educación y Formación Profesional (s.f). *Competencias clave*. Recuperado de <https://www.educacionyfp.gob.es/educacion/mc/lomce/curriculo/competencias-clave/competencias-clave.html>

Naciones Unidas (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Naranjo, M., Pedragosa, O., y Riera, G. (2008). *El Programa CA/AC ("Cooperar para Aprender / Aprender a Cooperar") para enseñar a aprender en equipo. Implementación del aprendizaje cooperativo en el aula*.

Next Generation Science Standards For States, By States (s.f.). *Appendix F – Science And Engineering Practices in the NGSS*. Recuperado de: <https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/resource/files/Appendix%20F%20%20Science%20and%20Engineering%20Practices%20in%20the%20NGSS%20-%20FINAL%20060513.pdf>

Next Generation Science Standards For States, By States (s.f.). *Appendix J – Science, Technology, Society and the Environment*. Recuperado de: https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/resource/files/APPENDIX%20J_0.pdf

Next Generation Science Standards For States, By States (s.f.). *Appendix E – Progressions within the Next Generation Science Standards*. Recuperado de: <https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/resource/files/AppendixE-ProgressionswithinNGSS-061617.pdf>

Novak, J. D., y Gowin D. B. (2002). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona, España: MR Ediciones.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (s.f.). *Permeabilidad del suelo*. Recuperado de: http://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (s.f.). *Portal de Suelos de la FAO*. Recuperado de: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2002). *Agua y cultivos, logrando el uso óptimo del agua en la agricultura*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/Y3918S/y3918s00.htm>

Ortiz, D. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, 2(19), 93-110.

Panadero, J. E. y Fuente, M. R. (2020). *3ºESO Generación B. Biología y Geología*. Madrid, España: Grupo Editorial Bruño.

Pedrinaci, E. (1987). Representaciones de los alumnos sobre los cambios geológicos. *Revista Investigación en la Escuela*, 2, 65-74.

Pla, C., Benavente, D., González-Herrero, M., y Andreu, J. M. (2016). Los cambios físicoquímicos del agua en el karst: actividades didácticas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24(1), 107-116.

Redacción National Geographic (2012a). National Geographic. *La extracción de agua subterránea acelera el aumento del nivel del mar*. Recuperado de: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/la-extraccion-de-agua-subterranea-acelera-el-aumento-del-nivel-del-mar>

Redacción National Geographic. (2012b). National Geographic. *Día mundial del agua*. Recuperado de: <https://www.nationalgeographic.es/viaje-y-aventuras/dia-mundial-del-agua>

Sanmartí, N. (2007). *10 ideas clave. Evaluar para aprender*. Barcelona, España: Editorial Graó.

Santana, A. I., Cabrera, M. C., y Pérez-Torrado, F. J. (2015). Ideas preconcebidas sobre el ciclo del agua y las aguas subterráneas en la Educación Secundaria de Canarias. *II Workshop "Estudio, aprovechamientos y gestión del agua en terrenos e islas volcánicas"*, 125-132.

Solbes, J., Montserrat, R. y Furió, C. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (21), 91-117.

Tricárido, H. R. (2005). *Didáctica de las ciencias naturales: ¿cómo aprender? ¿Cómo enseñar?*. Buenos Aires, Argentina: Bonum.

UNIR la Universidad en Internet (s.f.). *Metodologías activas en el aula o la intersección de la Taxonomía de Bloom y la Pirámide de Aprendizaje*. Recuperado de: <https://www.unir.net/educacion/revista/metodologias-activas-en-el-aula-o-la-interseccion-de-la-taxonomia-de-bloom-y-la-piramide-de-aprendizaje/>

Universitat Pompeu Fabra Barcelona (s.f.). *Técnica del Puzzle*. Recuperado de: <https://www.upf.edu/es/web/usquid-etic/tecnica-trencaclosques>

Uzcátegui, Y., y Betancourt, C. (2013). La metodología indagatoria en la enseñanza de las ciencias: una revisión de su creciente implementación a nivel de Educación Básica y Media. *Revista de Investigación*, 31(78), 109-127.

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2007). *Los intereses curriculares en ciencia y tecnología de los estudiantes de secundaria*. Palma, España: Universitat de les Illes Balears, Servei de Publicacions i Intercanvi Científic.

W. Harlen (Ed.). (2010). *Principios y grandes ideas de la educación en ciencias*. Gosport, Reino Unido: Editorial Association for Science Education.

Zariquiey, F. (2015). *Guía para diseñar y gestionar una red de aprendizaje cooperativo*. Editorial: Cinética.

7 ANEXOS

ANEXO I: Cuestionario de preevaluación en castellano. Elaboración propia.

CUESTIONARIO DE PREEVALUACIÓN

Curso:.....

Fecha:.....

1.- Representa el ciclo del agua mediante un dibujo e indica los conceptos más relevantes.

2.- Define lo que es la escorrentía superficial.

3.- ¿Qué factores influyen en ella? Puede haber más de una opción correcta.

- a) Precipitación intensa
- b) Inclinação del terreno*
- c) Porosidad del terreno
- d) Vegetación

4.- Define lo que es la infiltración.

5.- ¿Qué factores influyen en ella? Puede haber más de una opción correcta.

- a) Precipitación intensa*
- b) Inclinación del terreno
- c) Porosidad del terreno*
- d) Vegetación*

6.- Define lo que son las aguas subterráneas y los acuíferos. ¿Por qué son importantes?

¿Crees que se mueve el agua subterránea?

- a) Sí*
- b) No

7.- ¿Crees que se pueden contaminar las aguas subterráneas? ¿De qué manera? ¿En qué medida crees que esto es importante?

8.- ¿Cómo crees que se forman las estalactitas y las estalagmitas? ¿Las has visto alguna vez?

¿La formación de estas estructuras crees que es lenta o rápida?

- a) Lenta*
- b) Rápida

9.- ¿Con qué estructuras relacionarías las aguas subterráneas?

- a) Aluviales (río Ebro a su paso por La Ribera)
- b) Karst (Macizo de Larra)*
- c) Humedales (Laguna de Pitillas)
- d) Cañones (Foz de Lumbier)
- e) Cuevas (Cuevas de Zugarramurdi)*
- f) Turberas (Turbera de Belate)
- g) Embalses (Embalse de Alloz)
- h) Nacederos (Nacedero del río Urederra)*

10.- ¿Dónde buscarías agua subterránea en Navarra?

ANEXO II: Cuestionario de preevaluación en euskera. Elaboración propia.

HASIERAKO EBALUAZIOA

Maila:.....

Data:

1.- Uraren zikloa irudikatu esanguratsuak diren kontzeptuak adieraziz.

2.- Definitu zer den lur gaineko isuria (*escorrentía superficial* gazteleraz).

3. - Zer faktorek eragiten dute lur gaineko isurian? Erantzun bat baino gehiago zuzena izan daiteke.

- a) Prezipitazio bortitzak
- b) Lurzoruaren malda
- c) Lurzoruak duen poro kopurua
- d) Landaretza

4.- Definitu zer den iragazketa edo iraztea (*infiltración* gazteleraz).

5.- Zer faktorek eragiten dute iragazketan? Erantzun bat baino gehiago zuzena izan daiteke.

- a) Prezipitazio bortitzak
- b) Lurzoruaren malda
- c) Lurzoruak duen poro kopurua
- d) Landaretza

6.- Zure hitzak erabiliz definitu zer diren lurpeko urak eta akuiferoak. Zergatik dira garrantzitsuak?

Lurpeko ura mugitzen dela uste al duzu?

- a) Bai
- b) Ez

7.- Lurpeko urak kutsatu daitezkeela uste duzu? Nola? Zergatik uste duzu honek garrantzia izan dezakeela?

8.- Estalaktita eta estalagmiten inguruan, nola uste duzu sortzen direla? Ikusi al dituzu inoiz kobazulo batetan?

Forma hauen sorkuntza prozesua motela edo azkarra dela uste duzu?

- a) Motela
- b) Azkarra

9.- Zer ingurugiroekin erlazionatuko zenituzke lurpeko urak? Erantzun bat baino gehiago zuzena izan daiteke.

- a) Ibai baten erdiko ibilbidea (Ebro ibaia erriberatik pasatzean) – *Aluviales (el río Ebro a su paso por la Ribera)*
- b) Karst (Larrako mendigunea) – *Karst* gazteleraz (*Madizo de Larra*)
- c) Hezeguneak (Pitillaseko hezegunea) – *Humedales* gazteleraz
- d) Arroilak (Irunberriko arroila) – *Cañones* gazteleraz (*Foz de Lumbier*)
- e) Kobazuloak (Zugarramurdiko kobazuloa) – *Cuevas* gazteleraz
- f) Zohikaztegia (Belateko zohikaztegia) – *Turberas* gazteleraz
- g) Urtegiak (Allozko urtegia) – *Embalses* gazteleraz
- h) Iturburuak (Urederra ibaiaren iturburu) – *Nacederos* gazteleraz

10. - Non bilatuko zenuke lurpeko ura Nafarroan?

ANEXO III: Rúbrica de evaluación del cuestionario. Elaboración propia.

1.- Representa el ciclo del agua mediante un dibujo e indica los conceptos más relevantes.

Respuesta	Categoría
No sabe/No contesta	0
No dibuja ni menciona la infiltración o las aguas subterráneas	1
Dibuja o menciona la infiltración o las aguas subterráneas	2

2.- Define lo que es la escorrentía superficial.

Respuesta	Categoría
No sabe/No contesta	0
Respuesta incorrecta	1
Modelo estático	2
Modelo dinámico	3

3.- ¿Qué factores influyen en ella? Puede haber más de una opción correcta.

Cuantificación de cada opción sin tener en cuenta el resto de opciones elegidas.

4.- Define lo que es la infiltración.

Respuesta	Categoría
No sabe/No contesta	0
Respuesta incorrecta	1
Penetrar, absorber, filtrar	2
Subterráneo, cuevas, acuífero	3

5.- ¿Qué factores influyen en ella? Puede haber más de una opción correcta.

Cuantificación de cada opción sin tener en cuenta el resto de opciones elegidas.

6.- Define lo que son las aguas subterráneas y los acuíferos. ¿Por qué son importantes?

Definición de aguas subterráneas:

Respuesta	Categoría
No sabe/No contesta	0
Sin relación con la infiltración	1
Relación con la infiltración	2

Definición de acuíferos:

Respuesta	Categoría
No sabe/No contesta	0
Reservorio de agua	1

Importancia de las aguas subterráneas y los acuíferos:

Respuesta	Categoría
No sabe/No contesta	0
Absorción por parte de las plantas	1
Reservorio de agua dulce	2

Movilidad del agua subterránea:

Respuesta	Categoría
No sabe/No contesta	0
No	1
Sí	2

7.- ¿Crees que se pueden contaminar las aguas subterráneas? ¿De qué manera? ¿En qué medida crees que esto es importante?

Contaminación del agua subterránea:

Respuesta	Categoría
No sabe/No contesta	0
No	1
Sí	2

Formas de contaminación del agua subterránea:

Respuesta	Categoría
No sabe/No contesta	0
Desechos	1
Contaminantes	2

Importancia de la contaminación de las aguas subterráneas:

Respuesta	Categoría
No sabe/No contesta	0
Absorción por parte de las plantas	1
Agua potable	2

8.- ¿Cómo crees que se forman las estalactitas y las estalagmitas? ¿Las has visto alguna vez?

Velocidad de formación de las estalactitas y las estalagmitas

Respuesta	Categoría
No sabe/No contesta	0
Proceso rápido	1
Proceso lento	2

9.- ¿Con qué estructuras relacionarías las aguas subterráneas?

Cuantificación de cada opción sin tener en cuenta el resto de opciones elegidas.

10.- ¿Dónde buscarías agua subterránea en Navarra?

No calificada.

ANEXO IV: Calendario escolar IESO Berriozar DBHI.



IESO BERRIOZAR DBHI
 ☎ 848 43 10 90 FAX 848 43 10 95
 * iesoberr@educacion.navarra.es.
 8 iesoberriozar.educacion.navarra.es/web/

CALENDARIO ESCOLAR 2020-2021 ESKOLA EGUTEGIA

Septiembre <i>Iraia</i>	Octubre <i>Urtia</i>	Noviembre <i>Azaroa</i>	Diciembre <i>Abendua</i>	Enero <i>Urtarrila</i>
A A O L I L M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	A A O L I L M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	A A O L I L M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	A A O L I L M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	A A O L I L M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
Febrero <i>Otsaila</i>	Marzo <i>Martxoa</i>	Abril <i>Apirila</i>	Mayo <i>Maiatza</i>	Junio <i>Ekaina</i>
A A O L I L M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	A A O L I L M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	A A O L I L M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	A A O L I L M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	A A O L I L M J V S D 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

PRESENTACIÓN AURKEZPENA
4 de septiembre *Irailak 4*
10:00 - 12:00

DÍAS DE REPASO ERREPASO EGUNAK
Ekainak 22
22 de junio

☐ Ikasteguna / Día lectivo 🟠 Jai eguna / Festivo 🟡 Ezhohiko deialdia / Convocatoria extraordinaria
 31 Gaintu gabek / Pendientes

El 4 de junio se informará al alumnado quién tiene que ir a convocatoria extraordinaria.
Ekainak 4an, ikasleei, ezhohiko azterketak nork egin behar dituen esango zafe.

CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA EZOHIKO DEIALDIA

18, 21 y 22
de junio

Ekainak
18, 21 eta 22

ANEXO V: Documento del alumno al iniciar una investigación” de Cedec (CC-BY-SA 4.0).

REA Trabajo por proyectos. Proyecto EDIA
Geografía e Historia. Secundaria

cedec CENTRO NACIONAL DE
DESARROLLO CURRICULAR
EN SISTEMAS NO PROPIETARIOS

DOCUMENTO DEL ALUMNO AL INICIAR UNA INVESTIGACIÓN

Nombre del alumno o alumnos: _____

f.

Las preguntas que investigaré	
¿Dónde voy a buscar esta información?	¿Dónde voy a recopilar la información?
En el grupo:	
¿Quién hará...?	
¿Qué?	
Necesitamos ayuda en:	

ANEXO VI: Plantilla de consejos para organizar la búsqueda eficaz de información, de Cedec (CC-BY-SA 4.0).

PLANTILLA DE CONSEJOS PARA ORGANIZAR LA BÚSQUDA EFICAZ DE INFORMACIÓN

- Pensar qué información necesitamos.
- Tener claro el objetivo de la búsqueda. (En nuestro caso utilizaremos la plantilla con los datos que debemos ir recopilando y la plantilla de recogida de información, que nos ayudará a ordenar la información, las fuentes utilizadas).
- Pensar cuáles son las palabras clave para poner en el buscador (cuanto más concretas mejor).
- Utilizar las herramientas de búsqueda que nos ayudan a reducir el número de resultados (idioma, tipo de archivo, actualización...).

Enlace a [mejoramos nuestra búsqueda en internet](#)

- A la hora de seleccionar las páginas fijarnos en:
 - la autoría de la página: ¿aparece el autor? ¿es una persona o entidad reconocida?
 - actualización: ¿la página está actualizada? ¿está en uso?
 - estructuración de la página: ¿qué apartados tiene?, ¿dónde está cada tipo de información?...
 - su veracidad: contrastarla con otras fuentes para ver si la información es veraz.
 - relevancia: ¿la información que ofrece es relevante para nuestro objetivo?

ANEXO VII: Plantilla para la elaboración de notas Cornell, de educative.

TÍTULO:

FECHA:

ASIGNATURA:

HOJA N°:

<p>IDEAS CLAVE (Ideas principales, palabras clave, preguntas, etc.)</p>	<p>APUNTES O NOTAS DE CLASE</p>
--	--

RESUMEN

ANEXO VIII: Resumen de la Memoria de la Red de Calidad de las Aguas Subterráneas año 2020. Elaboración propia.

La Comunidad Foral de Navarra presenta 28 masas de agua subterránea que ocupan casi el 62% de la superficie de la comunidad. De estas masas de agua, 4 desembocan en el mar Cantábrico y 24 en el río Ebro y por tanto, en el mar Mediterráneo.

La importancia de las masas de agua subterráneas dentro del ciclo hidrológico hace necesario un seguimiento tanto de su calidad como de su cantidad. La calidad del agua subterránea puede verse modificada por causas naturales y por factores externos. Cuando estos factores externos son ajenos al ciclo hidrológico natural se habla de contaminación. El origen de la contaminación de las aguas subterráneas es, principalmente, antrópico y tiene distintos orígenes: agricultura y ganadería, origen urbano o industrial.

En Navarra, las zonas de riesgo de contaminación se localizan en la zona aluvial del río Cidacos y en dos zonas aluviales del río Ebro-Aragón (Imagen 1).

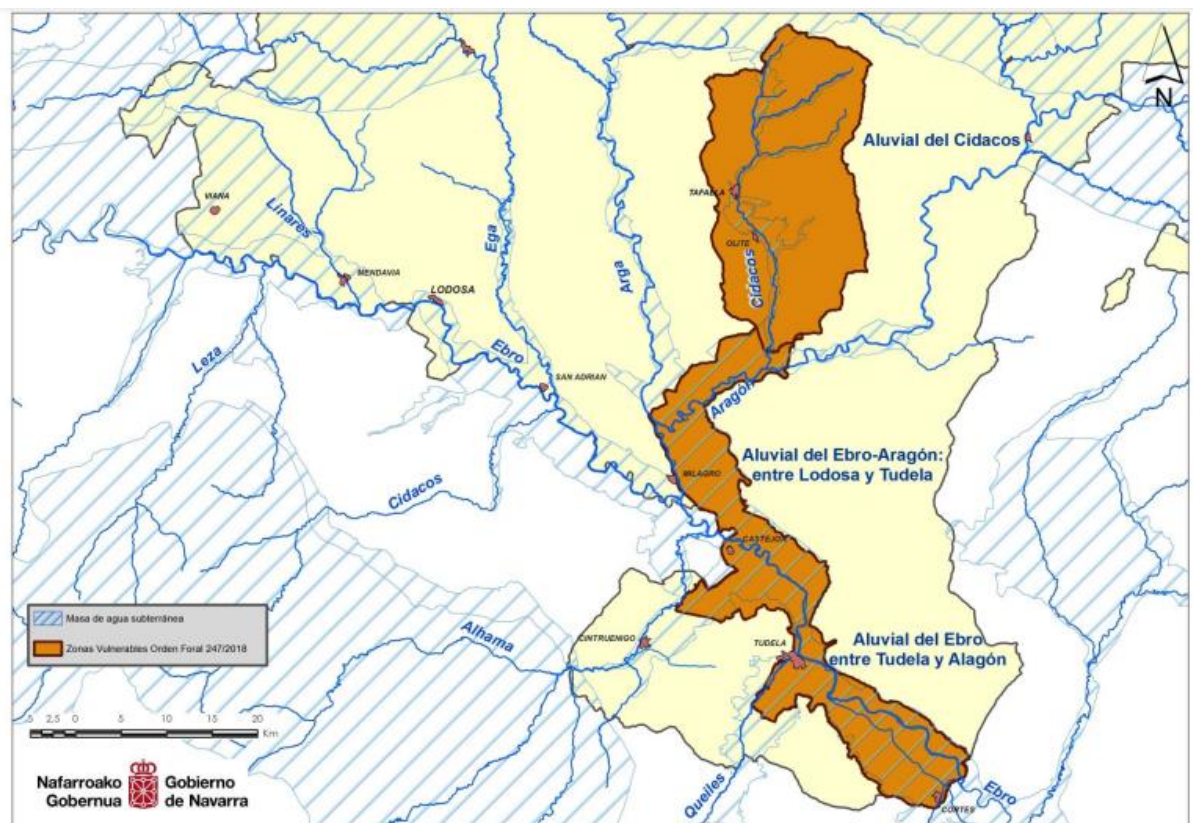


Imagen 1: Zonas de riesgo de contaminación de aguas subterráneas.

En el caso de las aguas subterráneas y a diferencia de lo que ocurre con las aguas superficiales, la detección de la contaminación y la evaluación de sus efectos presentan mayores dificultades, porque la degradación de la calidad se advierte cuando ya ha afectado a amplias zonas del acuífero. Además, es difícil adoptar medidas correctoras.

Entre los parámetros que se analizan cada año para asegurar la calidad de las aguas subterráneas está el nivel de nitratos, que se mide en mg de NO₃ por litro de agua. La

contaminación por nitratos tiene lugar por el uso de fertilizantes en la agricultura. La ley establece el límite máximo permitido de nitratos en aguas de consumo en 50mg/L. La imagen 2 muestra la media de nitratos detectada en aguas subterráneas de distintos puntos de Navarra en el año 2020. En azul se indican las zonas vulnerables vistas en la imagen 1.

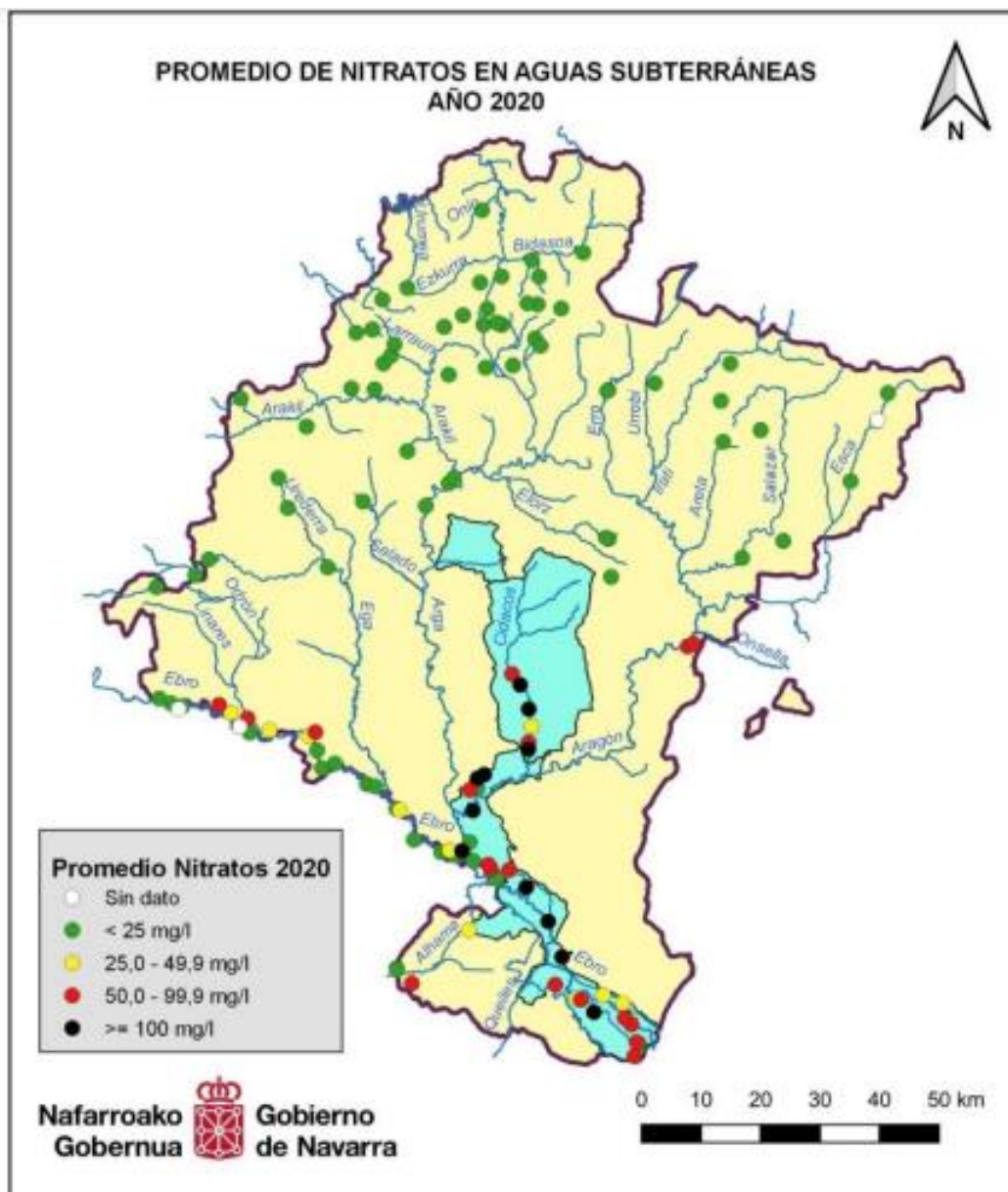


Imagen 2: Promedio de nitratos en aguas subterráneas, año 2020.

Las conclusiones reflejadas en el informe realizado por el Gobierno de Navarra se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1: Número de zonas de muestreo de nitratos del Aluvial del Cidacos y del Aluvial del Ebro-Aragón.

ZONA	<25 mg NO ₃ -/L	25-49,9 mg NO ₃ -/L	50-99,9 mg NO ₃ -/L	>100 mg NO ₃ -/L	Total de puntos de muestreo
Aluvial del Cidacos	0	1	2	3	6
Aluvial del Ebro - Aragón: Lodosa - Tudela	15	4	6	6	31
Aluvial del Ebro - Aragón: Tudela - Alagón	1	4	6	2	13

Tabla 2: Resultados analíticos del manantial de Arteta.

Red de control de aguas subterráneas - Ficha resumen de datos de punto de muestreo

Datos de identificación del punto de muestreo

Código: 24078025 **Nombre:** Nacedero de Arteta **Tipo:** MANANTIAL **Ayuntamiento:** OLLO
Cuenca: EBRO **X ETRS 89 UTM 30:** 592253 **Y ETRS 89 UTM 30:** 4744038 **Cota:** 520
Código masa de agua subterránea: 090.018 **Nombre masa de agua subterránea:** SIERRA DE ANDÍA

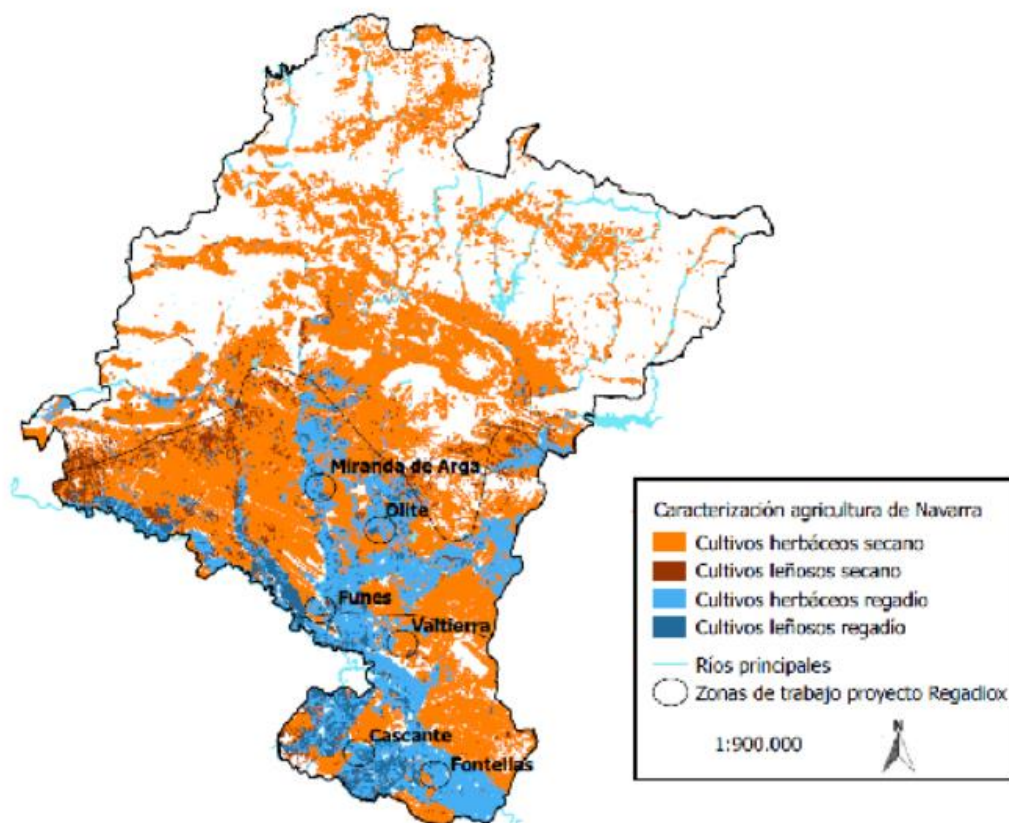
Listado de resultados analíticos 24078025

Fecha	Tª (°C)	Cond. (µS/cm)	pH	Turbidez (UNF)	Dureza (°F)	M. org. (mg/l)	PO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	CO3 (mg/l)	CO3H (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	NH4 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)
22/09/2020	11,3	371	7,91		20,90	0,25	0,004	13,60	5,53	6,00	227,00	68,50	9,18	22,30	1,30	0,010	0,025	3,70

Resumen estadístico del punto 24078025 (1 registro de detalle)

Media:	11,3	371	7,91		20,90	0,25	0,004	13,60	5,53	6,00	227,00	68,50	9,18	22,30	1,30	0,010	0,02	3,70
Mín.:	11,3	371	7,91		20,90	0,25	0,004	13,60	5,53	6,00	227,00	68,50	9,18	22,30	1,30	0,010	0,02	3,70
Máx.:	11,3	371	7,91		20,90	0,25	0,004	13,60	5,53	6,00	227,00	68,50	9,18	22,30	1,30	0,010	0,02	3,70

ANEXO IX: Mapa sobre los tipos de suelos en la Comunidad Foral de Navarra, de UPNA, 2017.

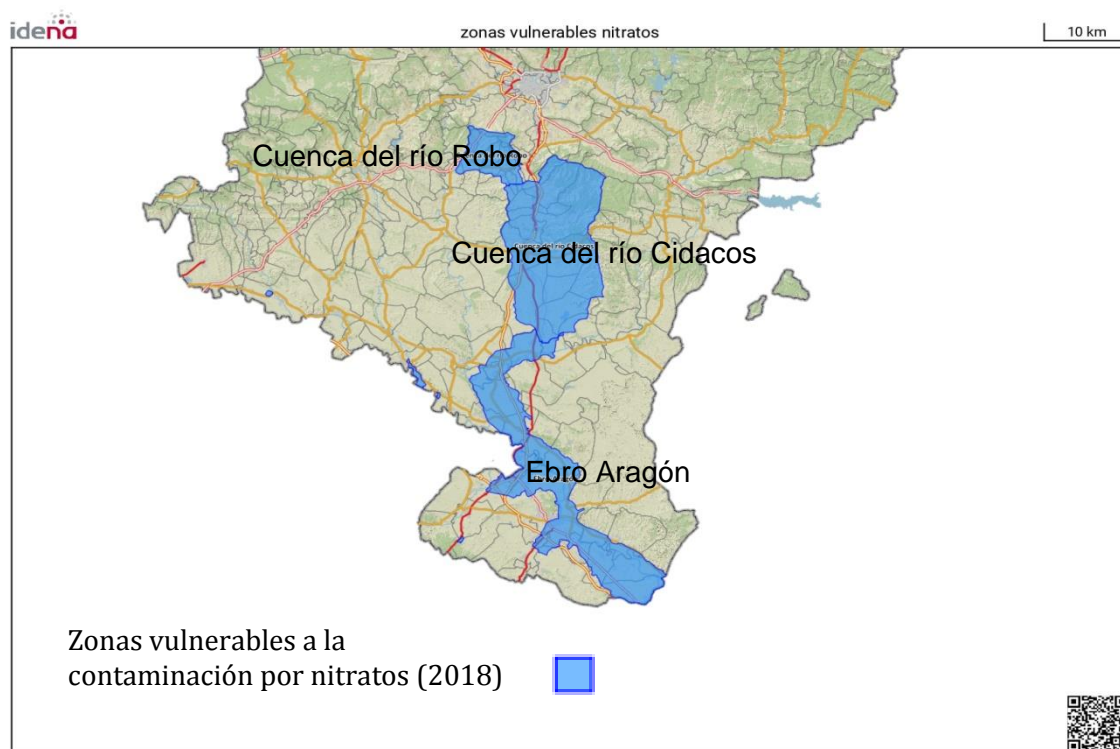


ANEXO X: Resumen realizado a partir de *Basulto, Manera y Baladía, 2014 y La salud y los nitratos, IGME, s.f.***La ingesta de nitratos.**

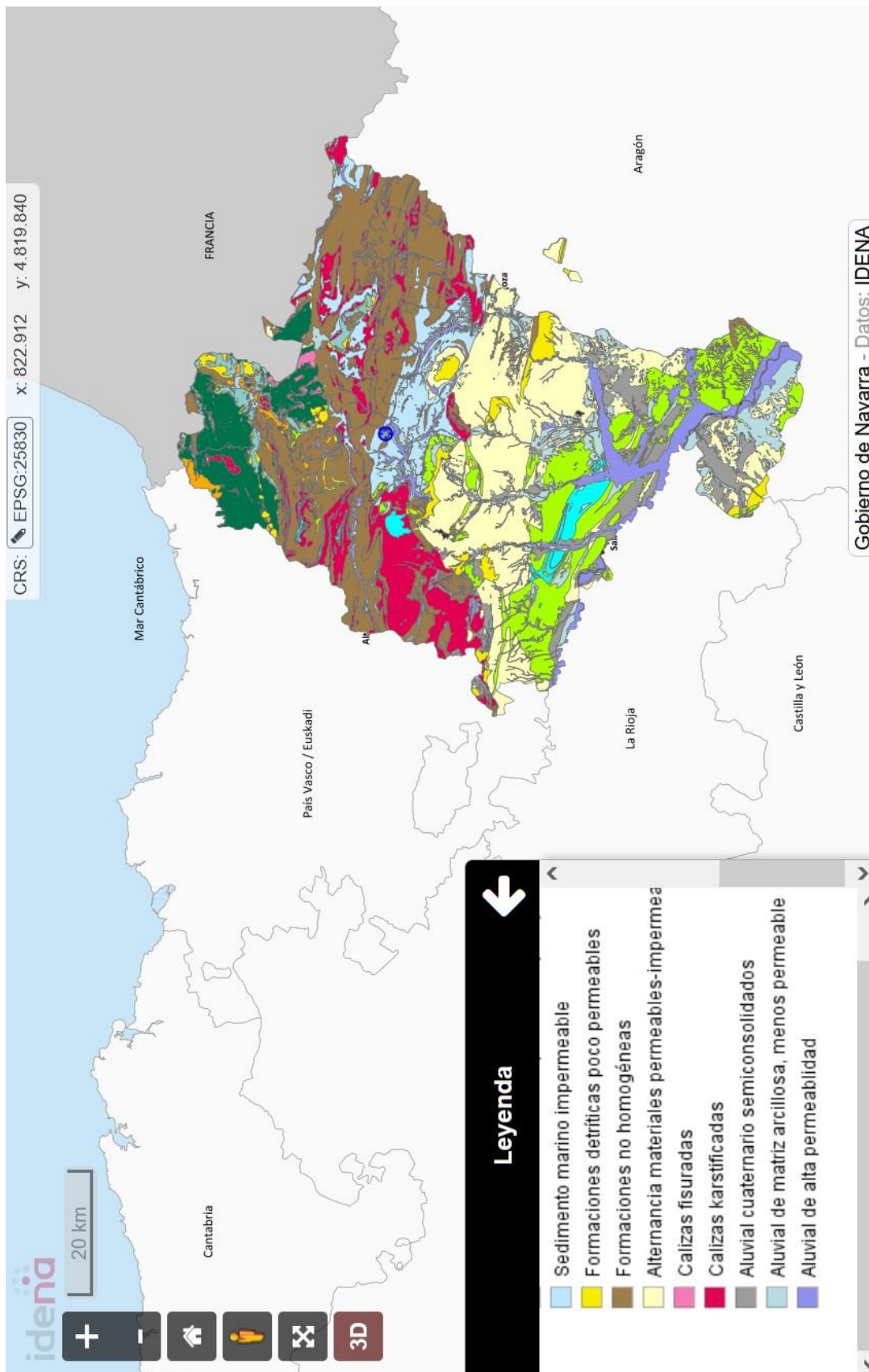
El nitrato, como sustancia de origen natural, se encuentra como componente de los alimentos (especialmente verduras) y las concentraciones en las que se presenta son muy bajas. En la actualidad, la recomendación de la Organización Mundial de la Salud sobre la ingesta de nitratos es de 0 - 3,7 mg/Kg de peso corporal.

La principal preocupación asociada con la alta concentración de nitratos en el agua potable es la metahemoglobinemia en bebés. Cuando se ingieren nitratos las bacterias de la boca y del intestino los convierten en nitritos, que reaccionan con la hemoglobina para producir metahemoglobina, cuya capacidad de transportar oxígeno es menor que la de la hemoglobina. La acumulación de nitratos en determinadas hortalizas puede deberse, entre otros factores, al nitrógeno procedente del agua subterránea o de diversos compuestos de nitrógeno utilizados en agricultura.

ANEXO XI: Mapa de las zonas vulnerables a la contaminación por nitratos (2018), IDENA.



ANEXO XII: Mapa de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación. Fuente: IDENA.



ANEXO XIII: Documento del alumno al finalizar una investigación” de Cedec (CC-BY-SA 4.0).

REA Trabajo por proyectos. Proyecto EDIA
Geografía e Historia. Secundaria

cedec
CENTRO NACIONAL DE
DESARROLLO CURRICULAR
EN SISTEMAS NO PROPIETARIOS

DOCUMENTO DEL ALUMNO AL FINALIZAR UNA INVESTIGACIÓN

PRODUCTO FINAL	ALUMNO(S)	FECHA
Hemos investigado		
Hemos seguido los siguientes pasos		
Hemos descubierto		
Hemos aprendido a hacer lo siguiente		
Después de terminar la tarea deberíamos cambiar		

ANEXO XIV: Datos relativos a los análisis de suelos de Madoz, Pamplona y Anoz. Fuente: Trueba et al., 1999).

HOJA MTN°: 114	FICHA N° 14
Provincia: NA Term.municipal LARRAUN	Longitud: w 1 52 41
Situación: CARRETERA MADOTZ-ALLI, Km. 11	Latitud: 42 58 27
Uso: MATORRAL	Altitud: 700m
Pendiente: 15%	
Fuente: IÑIGUEZ90c, PAG. 43	Perfil: 890610-II

CLASIFICACIÓN

USDA-Soil taxonomy (1975): INCEPTISOL OCHREPT EUTROCHREPT
Leyenda FAO (1974): CAMBISOL DISTRICO

HORIZONTE	A1	B2	C
<i>Datos generales</i>			
Límite superior	0,0	10,0	40,0
Espesor (cm)	10,0	30,0	50,0
Color	10YR4/4	10YR5/6	10YR5/8
Límite	G	N	A
Textura	FC	FC	C
Estructura	G	B	B
Compactación	FR	FR	
Raíces	A	P	
Infiltración (mm/h)	3	3	1
pH (H ₂ O)	4,6	4,8	5,9
CE mS/cm (H ₂ O)			
Caliza %			56,9
Materia orgánica %	8,7	2,8	0,7
C/N	24,1	9,1	6,5
<i>Granulometría</i>			
Elem. gruesos %			
<i>Tierra fina</i>			
Arena gruesa %	15,5	11,1	14,4
Arena fina %	20,8	23,1	15,7
Arena total %			
Limo %	30,7	27,8	25,1
Arcilla %	30,7	32,0	44,7
<i>Densidad aparente</i>			
Densidad (g/cm ³)	1,0	1,1	1,3
<i>Complejo de cambio</i>			
Ca (cmol/kg)	10,9	4,3	8,0
Mg (cmol/kg)			3,3
Na (cmol/kg)	0,3	0,3	0,2
K (cmol/kg)	0,5	0,2	0,3
S (cmol/kg)	11,7	4,8	11,8
T (cmol/kg)	19,4	11,8	11,8
V=S/T %	60,3	40,7	100,0

Observaciones: CLASIFICACION AUTOR: EUTROCHREPT DISTRICO
SUELO SOBRE MARGAS CALIZAS
HORIZONTE ORGANICO SUPERIOR DE 1 cm

HOJA MTN°: 141

FICHA N° 26

Provincia: NA	Term.municipal PAMPLONA	Longitud: W	1	40	2
Situación:		Latitud:	42	48	46
Uso:		Altitud:	470m		
Pendiente: 0%		Fuente: IÑIGUEZ82a, PAG. 219	Perfil:	801118-II	

CLASIFICACIÓN

USDA-Soil taxonomy (1975): ALFISOL XERALF PALEXERALF
 Leyenda FAO (1974): LUVISOL CROMICO

HORIZONTE	Ap	Bt2	Ck1	Ck2
<i>Datos generales</i>				
Límite superior	0,0	30,0	120,0	170,0
Espesor (cm)	30,0	90,0	50,0	
Color	7,5YR4/4	5YR4/6		
Límite	N	G		
Textura	FCA	C		
Estructura	B	B		
Compactación	FR	MF		
Raíces	P	P		
Infiltración (mm/h)	15	1		
pH (H2O)	6,4	7,0	7,4	7,4
CE mS/cm (H2O)				
Caliza %			28,2	28,4
Materia orgánica %	1,8	0,4	0,3	0,3
C/N	9,4	3,0	3,2	3,4
<i>Granulometría</i>				
Elem. gruesos %				
<i>Tierra fina</i>				
Arena gruesa %	11,2	5,7		
Arena fina %	36,8	20,3		
Arena total %				
Limo %	22,4	13,2		
Arcilla %	28,0	63,5		
<i>Densidad aparente</i>				
Densidad (g/cm ³)	1,2	1,4		
<i>Complejo de cambio</i>				
Ca (cmol/kg)	10,3	23,6	15,6	10,3
Mg (cmol/kg)				
Na (cmol/kg)	0,2	0,4	0,4	0,3
K (cmol/kg)	0,3	0,4	0,2	0,2
S (cmol/kg)	10,8	24,4	16,2	10,8
T (cmol/kg)	12,6	27,5	16,2	10,8
V = S/T	85,7	88,7	100,0	100,0

Observaciones: CLASIFICACION AUTOR: PALEXERALF CALCICO

HOJA MTN°:	FICHA N°	49
Provincia: NA Term.municipal ANOZ	Longitud: W	0 0
Situación: ANOZ	Latitud:	0 0
Uso: CARRASCAL	Altitud:	460m
Pendiente: 25%	Perfil:	26
Fuente: VAL92, PAG.324		

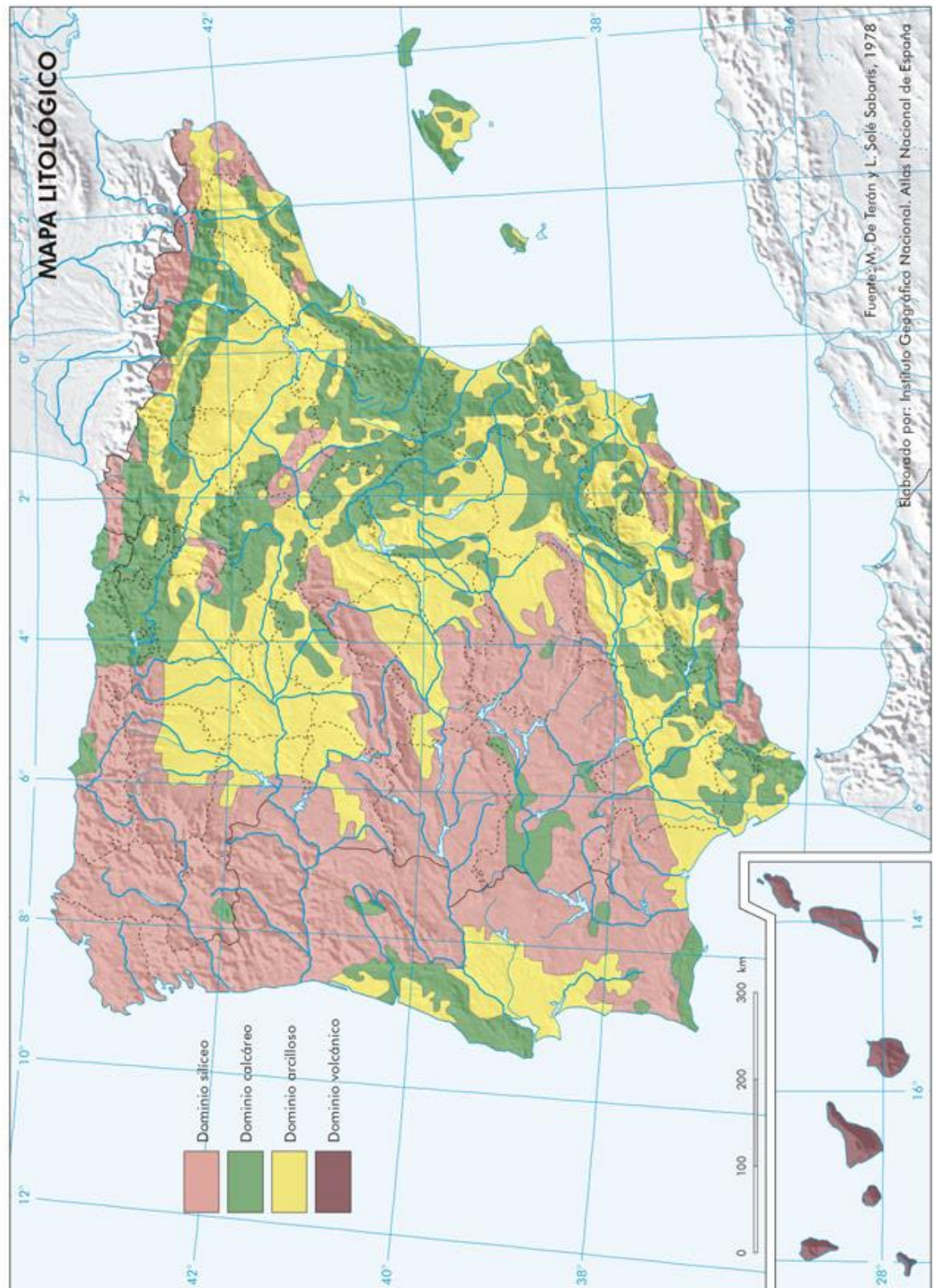
CLASIFICACIÓN

USDA-Soil taxonomy (1975): ENTISOL ORTHENT XERORTHENT
 Leyenda FAO (1974): REGOSOL EUTRICO

HORIZONTE	A1	C
Datos generales		
Limite superior	0,0	25,0
Espesor (cm)	25,0	75,0
Color	2,5Y4/2	10YR5/8
Limite	NO	
Textura	F	
Estructura	G	
Compactación	P	
Raíces	P	
Infiltración (mm/h)		
pH (H2O)	6,2	
CE mS/cm (H2O)		
Caliza %		
Materia orgánica %	3,1	
C/N	19,9	
Granulometría		
Elem. gruesos %		
Tierra fina		
Arena gruesa %	17,6	
Arena fina %	26,4	
Arena total %		
Limo %	31,7	
Arcilla %	19,8	
Densidad aparente		
Densidad (g/cm ³)	1,4	
Complejo de cambio		
Ca (cmol/kg)	11,3	
Mg (cmol/kg)	15,3	
Na (cmol/kg)	0,3	
K (cmol/kg)	0,1	
S (cmol/kg)	27,0	
T (cmol/kg)	27,0	
V=S/T %	100,0	

Observaciones: CLASIFICACION AUTOR: XERORTHENT TIPICO
 SUELO SOBRE OFITAS (ROCA VOLCANICA BASICA)
 UTM: 30TWN965465
 EN LA SUPERFICIE HAY 5 cm. DE RAICES Y MATERIAL VEGETAL DESCOMPUESTO

ANEXO XV: Mapa litológico de España. Fuente: Instituto Geográfico Nacional.



ANEXO XVI: Resultados analíticos de los manantiales de Fitero, Belascoain y Betelu. Fuente: Memoria de la Red de Calidad de las Aguas Subterráneas año 2020, Gobierno de Navarra, 2020

Tabla 11: Resultados analíticos del manantial de Fitero.

Red de control de aguas subterráneas - Ficha resumen de datos de punto de muestreo

Datos de identificación del punto de muestreo																		
Código: 24128002	Nombre: Balneario Viejo											Tipo: MANANTIAL	Ayuntamiento: FITERO					
Cuenca: EBRO	X ETRS 89 UTM 30: 590448	Y ETRS 89 UTM 30: 4657013	Cota: 490															
Código masa de agua subterránea: 090.066		Nombre masa de agua subterránea: FITERO-ARNEDILLO																
Listado de resultados analíticos 24128002																		
Fecha	Tª (°C)	Cond. (µS/cm)	pH	Turbidez (UNF)	Dureza (°F)	M. org. (mg/l)	PO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	CO3 (mg/l)	CO3H (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	NH4 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)
02/06/2020	40,9	6541	6,84		143,00	0,56	0,025	1610,0	1290,00	6,00	179,00	439,00	81,30	1020,00	40,00	0,721	0,005	0,08
20/08/2020	46,0	6624	6,91		144,00	0,62	0,025	1590,0	1290,00	6,00	179,00	432,00	88,20	963,00	32,10	0,030	0,005	0,25
Resumen estadístico del punto 24128002 (2 Registros analizados)																		
Media:	43,5	6583	6,88		143,50	0,59	0,025	1600,0	1290,0	6,00	179,00	435,50	84,75	991,50	36,05	0,376	0,00	0,17
Mín.:	40,9	6541	6,84		143,00	0,56	0,025	1590,00	1290,0	6,00	179,00	432,00	81,30	963,00	32,10	0,030	0,00	0,08
Máx.:	46,0	6624	6,91		144,00	0,62	0,025	1610,0	1290,0	6,00	179,00	439,00	88,20	1020,00	40,00	0,721	0,00	0,25

Tabla 12: Resultados analíticos del manantial de Belascoain.

Red de control de aguas subterráneas - Ficha resumen de datos de punto de muestreo

Datos de identificación del punto de muestreo																		
Código: 25081051	Nombre: Manantial Balneario Belascoain I											Tipo: MANANTIAL	Ayuntamiento: BELASCOAIN					
Cuenca: EBRO	X ETRS 89 UTM 30: 595353	Y ETRS 89 UTM 30: 4734826	Cota: 369															
Código masa de agua subterránea: 090.018		Nombre masa de agua subterránea: SIERRA DE ANDÍA																
Listado de resultados analíticos 25081051																		
Fecha	Tª (°C)	Cond. (µS/cm)	pH	Turbidez (UNF)	Dureza (°F)	M. org. (mg/l)	PO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	CO3 (mg/l)	CO3H (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	NH4 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)
25/03/2020	23,6	5396	7,21		107,00	0,94	0,025	1660,0	75,10	6,00	260,00	286,00	85,80	1010,00	15,00	0,010	0,005	0,46
22/09/2020	25,5	4980	7,80		79,30	0,25	0,004	1570,0	74,20	6,00	234,00	207,00	67,00	860,00	11,00	0,010	0,006	0,25
Resumen estadístico del punto 25081051 (2 Registros analizados)																		
Media:	24,6	5188	7,51		93,15	0,60	0,014	1615,0	74,65	6,00	247,00	246,50	76,40	935,00	13,00	0,010	0,00	0,35
Mín.:	23,6	4980	7,21		79,30	0,25	0,004	1570,00	74,20	6,00	234,00	207,00	67,00	860,00	11,00	0,010	0,00	0,25
Máx.:	25,5	5396	7,80		107,00	0,94	0,025	1660,0	75,10	6,00	260,00	286,00	85,80	1010,00	15,00	0,010	0,00	0,46

Tabla 13: Resultados analíticos del manantial de Betelu.

Red de control de aguas subterráneas - Ficha resumen de datos de punto de muestreo

Datos de identificación del punto de muestreo																		
Código: 24067021	Nombre: Manantial Damaiturri											Tipo: MANANTIAL	Ayuntamiento: BETELU					
Cuenca: NORTE	X ETRS 89 UTM 30: 583646	Y ETRS 89 UTM 30: 4763986	Cota: 246															
Código masa de agua subterránea: 013.012		Nombre masa de agua subterránea: BASABURÚA-ULZAMA																
Listado de resultados analíticos 24067021																		
Fecha	Tª (°C)	Cond. (µS/cm)	pH	Turbidez (UNF)	Dureza (°F)	M. org. (mg/l)	PO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)	CO3 (mg/l)	CO3H (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	NH4 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)
24/03/2020	17,6	931	7,70		38,10	0,50	0,025	162,00	60,70	6,00	279,00	125,00	16,40	133,00	5,16	0,010	0,025	2,43
21/09/2020	21,4	1488	6,90		26,70	0,25	0,004	341,00	117,00	6,00	218,00	77,10	18,20	192,00	6,69	0,046	0,025	0,25
Resumen estadístico del punto 24067021 (2 Registros analizados)																		
Media:	19,5	1210	7,30		32,40	0,38	0,014	251,50	88,85	6,00	248,50	101,05	17,30	162,50	5,93	0,028	0,02	1,34
Mín.:	17,6	931	6,90		26,70	0,25	0,004	162,00	60,70	6,00	218,00	77,10	16,40	133,00	5,16	0,010	0,02	0,25
Máx.:	21,4	1488	7,70		38,10	0,50	0,025	341,00	117,0	6,00	279,00	125,00	18,20	192,00	6,69	0,046	0,02	2,43