



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Máster

APRENDIZAJE POR INDAGACIÓN PARA DESARROLLAR CULTURA CIENTÍFICA SOBRE EL SUELO

Alumno/a: Comino Romero, Francisco

Tutor/a: Prof. Dña. Elena María Lendínez Muñoz
Dpto: Departamento de Didáctica de las Ciencias

Junio, 2020

Índice

1. Resumen	3
Resumen	3
Palabras clave	3
Abstract.....	3
Keywords.....	3
2. Introducción	4
3. Fundamentación epistemológica.....	6
3.1. Fundamentación teórica del concepto de suelo	6
Historia de la Edafología	6
Definición de suelo	9
Origen y formación del suelo.....	10
Componentes y propiedades del suelo	12
Clasificación de los suelos. Horizontes y suelos característicos de la provincia de Jaén	14
Importancia del estudio del suelo	16
3.2. Enseñanza del suelo en el sistema educativo español	18
3.3. Fundamentación didáctica.....	21
Enseñanza de las ciencias	21
Ideas previas de los estudiantes sobre el concepto de suelo	22
Aprendizaje por indagación	25
4. Propuesta didáctica	31
4.1. Justificación.....	31
Legislación educativa de referencia.....	31
Adscripción a una etapa, ciclo y nivel educativos	31
4.2. Contextualización.....	32
Contextualización del centro escolar.....	32
Contextualización del aula	33

4.3. Objetivos	34
Objetivos generales de etapa	34
Objetivos generales de la asignatura.....	35
Objetivos específicos de la Unidad Didáctica	36
4.4. Competencias	36
4.5. Contenidos	38
Contenidos de materia	38
Contenidos o elementos transversales	38
4.6. Metodología.....	39
Principios metodológicos.....	39
Temporalización.....	39
Descripción y secuenciación de actividades	40
Recursos y materiales	45
Atención a la diversidad.....	46
4.7. Evaluación	46
Sistema de evaluación	46
Criterios de evaluación	47
Criterios de calificación.....	52
Evaluación del proceso enseñanza-aprendizaje	52
5. Bibliografía	53
Referencias bibliográficas	53

1. Resumen

Resumen

El suelo es un medio indispensable para la vida en nuestro planeta, que además proporciona gran cantidad de servicios indispensables para nuestro estilo de vida. Sin embargo, la enseñanza de este medio en la educación secundaria está muy reducida, siendo simplemente un ecosistema más, o un resultado de la meteorización de las rocas. Para intentar cambiar esta concepción en los alumnos, se propone la realización de una unidad didáctica, basada en el aprendizaje por indagación o investigación, en el cual los alumnos, mediante aprendizaje cooperativo, y con cierto grado de andamiaje, descubrirán qué es realmente el suelo, de qué está compuesto, y su elevada importancia. El aprendizaje por indagación es una metodología que ha demostrado ser muy válida para crear cultura científica en los estudiantes, los cuales, al trabajar de manera similar a los científicos, son capaces de desarrollar sus propios conocimientos, aumentando su alfabetización científica.

Palabras clave

Aprendizaje por indagación, alfabetización científica, educación secundaria, suelo, Edafología.

Abstract

The soil is a crucial component for life on our planet, which also provides many services that are indispensable to our lifestyle. However, the teaching of soil in secondary education is very limited, being simply one more ecosystem, or a result of the weathering of the rocks. To try to change this conception in the students, we propose the realization of a teaching unit, based on inquiry learning, in which the students, through cooperative learning, and with a certain level of scaffolding, will discover what the soil really is, what it is composed of, and its high importance. Inquiry learning is a methodology that has proven to be very valid for creating a scientific culture in students, who, working in a similar way to scientists, can develop their knowledge, increasing their scientific literacy.

Keywords

Inquiry based learning, scientific literacy, secondary education, soil, Soil science.

2. Introducción

El presente Trabajo Fin de Máster está enmarcado en el Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas de la Universidad de Jaén y corresponde a la especialidad “Biología y Geología”.

La propuesta didáctica que se presenta se sitúa en un modelo de enseñanza constructivista, concretamente, se basa en la metodología de aprendizaje basado en la investigación, el cual destaca por permitir a los alumnos desarrollar su propio conocimiento, creando sus propios modelos mentales. Esto se realiza a través de la resolución de problemas reales, pasando de un aprendizaje más teórico a un aprendizaje que relaciona teoría y práctica. En esta metodología, el profesor actúa como un supervisor y guía en este proceso, en contraposición a las metodologías tradicionales donde el profesor transmite el conocimiento.

Esta metodología es, además, una respuesta ante la creciente desafección de los jóvenes por el estudio de la ciencia, ya que fomenta el interés del alumnado, a la vez que transmite que la ciencia es algo con aplicación real en la vida cotidiana, y cuyo conocimiento puede ayudar a tomar mejores decisiones en campos tan importantes como la salud, la alimentación, el transporte, y las comunicaciones, entre otros. De esta manera, se consigue construir una cultura científica real, generando ciudadanos responsables e informados.

La temática principal de esta propuesta gira en torno a la ciencia del suelo o Edafología, más en concreto en conocer qué es el suelo, cuáles son sus componentes y las relaciones entre ellos, sus principales funciones y los principales riesgos que supone su sobreexplotación, degradación o pérdida. La propuesta de enseñanza-aprendizaje se plantea para el 1º de Educación Secundaria Obligatoria, pues permite abordar los contenidos del bloque de contenidos “Los ecosistemas” del currículo oficial en la asignatura “Biología y Geología” en Andalucía.

La Edafología es la ciencia que estudia el suelo como cuerpo y recurso natural en la superficie terrestre o bajo aguas someras. Esta ciencia aborda el estudio de la formación, la morfología, los componentes, las propiedades, la clasificación, la evaluación, la distribución geográfica, los procesos de degradación y rehabilitación y las funciones y los servicios ecosistémicos del suelo. Dicha disciplina se nutre, a su vez, de otras tales como la Física, la Biología, la Geología y la Química, por lo que su estudio es una gran herramienta para aplicar gran variedad de conceptos adquiridos o asociados a otras disciplinas, y por tanto una manera efectiva de educar en ciencia. Con el estudio de esta ciencia, una persona debería ser capaz de comprender la génesis y funcionamiento del medio edáfico, así como la importancia de su mantenimiento para la vida humana, en el corto, medio y largo plazo, no solo como fuente de alimentos, sino también como

responsable de otras muchas funciones ambientales esenciales, tales como los ciclos biogeoquímicos y de la materia orgánica, el mantenimiento de la biodiversidad del planeta, el almacén y filtrado de agua, o el secuestro de carbono para la lucha contra el cambio climático.

En primer lugar, en este trabajo se realizará una revisión epistemológica sobre el estudio del suelo, sus componentes, y sus funciones, así como la importancia de este, el desarrollo histórico de esta disciplina, y su papel en el currículo educativo. A continuación, se mostrarán los resultados de la búsqueda bibliográfica realizada con el fin de conocer la relevancia que tienen las ideas previas en los estudiantes, así como las principales ideas previas encontradas respecto a conceptos referentes a esta ciencia en estudiantes de la etapa secundaria, y cuáles son las metodologías más adecuadas para corregirlas, centrándonos principalmente en estrategias de aprendizaje por indagación, con un andamiaje adecuado para alumnos de tan corta edad, y a los que se les presupone no haber trabajado nunca mediante esta metodología.

3. Fundamentación epistemológica

Se expone a continuación la fundamentación epistemológica del presente trabajo, en la cual se realiza una revisión sobre el concepto de suelo y su historia, seguido del estado de esta disciplina en el currículo actual, y finalizando con la fundamentación didáctica de la propuesta.

3.1. Fundamentación teórica del concepto de suelo

Historia de la Edafología

En lo respectivo a la historia de la ciencia del suelo o Edafología, se suelen diferenciar tres etapas (Viqueira Díaz-Fierros, 2011): la etapa precientífica, la etapa de génesis de los principios fundamentales y la etapa de Edafología actual.

La primera etapa, denominada etapa precientífica, incluye desde la época de la Antigua Grecia hasta el siglo XVIII, y se caracteriza por el dominio de la aplicación del concepto “tierra” acuñado por los filósofos griegos al suelo, siendo uno de los estados o formas de la materia, y no fue hasta la llegada de Aristóteles que se empezó a distinguir entre “tierras” para referirse a los suelos y “piedras sólidas” para referirse a las rocas y minerales. Durante esta etapa, se pensaba que el suelo tenía un papel pasivo, y que únicamente era el sustento físico para el desarrollo de las plantas, así como la fuente de la que tomaban el alimento. La clasificación de los suelos en esta primera época respondía generalmente a la aptitud de cada suelo para desarrollar un cultivo específico. En el siglo XVIII, donde existía un gran afán sistematizador, se realizaron varias clasificaciones de suelos, aunque la mayoría de ellas con escaso valor científico, ya que seguía imperando el concepto griego sobre la naturaleza y funciones del suelo.

La segunda etapa, o etapa de génesis de los principios fundamentales incluye los siglos XVIII y XIX, y se caracteriza por la sustitución del concepto de “tierras” por otros con más fundamento científico, siendo las principales líneas de pensamiento el papel que ejercía el suelo para dar alimento a las plantas, el origen del suelo a partir de la alteración de rocas de diferentes tipos, y la relación que se encontraba entre vegetación, suelo y tipo de roca originaria.

En esta etapa, se empieza a considerar que pueden ser parte del suelo algunos elementos minerales, así como el agua y el aire, que hasta entonces se sabía que podían estar presentes en el suelo, pero que en ningún caso se consideraban como componentes de este. Algunos científicos empezaron a estudiar qué elementos podían influir en la producción de la planta y, por tanto, eran necesarios para la nutrición vegetal, como el nitrógeno, el azufre o el potasio, y llegando a la conclusión de que el humus era la mejor sustancia para la nutrición de las plantas al aportar todos estos. Sin embargo, esta no era la fuente de carbono de las plantas, como demostró el naturalista

suizo Nicholas Theodore de Saussure, sino el dióxido de carbono atmosférico. Sin embargo, no hubo cuórum dentro de la comunidad científica hasta 1840, cuando el químico alemán Justus von Liebig hizo su comunicación en la *British Association* para dejar claro que el humus no era la fuente de carbono de las plantas, y en posteriores investigaciones también demostró de manera práctica que elementos como el potasio o el fósforo, una vez añadidos al suelo, generan incrementos elevados de producción agrícola, afirmando que toda la nutrición de la planta se hacía a partir del aire, y dejando al humus como una sustancia que no tenía influencia en dicha nutrición. Pero Liebig en sus teorías afirmaba que el humus producía dióxido de carbono y que este “atacaba” la parte mineral del suelo, estableciendo por primera vez relaciones entre las fases orgánica y mineral del suelo.

Las ramas de pensamiento que asociaban el suelo a la alteración de las rocas se dieron principalmente en el siglo XIX, donde hubo un gran auge de la Geología, y es por ello que se empezaron a clasificar los suelos siguiendo criterios geológicos, además de diferenciar los procesos de formación del suelo en físicos o químicos según fuese el efecto que predominaba en la alteración de la roca. El germano-americano Eugene Woldemar Hilgard además incluyó en su clasificación de suelos de Estados Unidos factores climáticos. Finalmente, fue el naturalista Alexander von Humboldt quien al final de esta etapa asoció en sus trabajos vegetación, clima, geología y suelo, formulando que “hay una armonía en la naturaleza, una invisible armonía. Todos los objetos naturales están interrelacionados. No se pueden estudiar las rocas de manera aislada, sino en relación con la vegetación y el suelo que las rodean” (Humboldt, 2011).

Este principio inspiró al geógrafo ruso Vasili Vasílievich Dokucháyev, el cual estableció junto a sus discípulos y compañeros las bases científicas del estudio del suelo, dando lugar al inicio de la etapa de Edafología actual, entre finales del siglo XIX y principios del XX, siendo considerado como el fundador de la ciencia del suelo moderna. Sus investigaciones hacían un profundo estudio de la materia orgánica, la cual correlacionó con diversos factores ambientales como la precipitación, la humedad o la temperatura, a la vez que definió diversos factores que determinaban la formación del tipo de suelo, como el material geológico, la pendiente o la vegetación. Estos trabajos tuvieron gran repercusión fuera de Rusia, especialmente en Alemania y Estados Unidos donde había fuertes equipos y centros de investigación, por lo que estos países, junto a Rusia, fueron los principales responsables de la Edafología moderna.

La expansión de la nueva Edafología encontró su punto álgido en el congreso de Roma (1924), donde la mayoría de los científicos ya habían desarrollado conocimiento específico sobre el suelo, y donde se aunó el punto de vista agrónomo y de trabajo en laboratorio de la mayoría de países europeos, con el punto de vista de análisis *in situ* y cartografía de los suelos desarrollado por americanos y rusos. Esta mezcla de estilos fue

clave para establecer el estudio del suelo como disciplina científica, creándose la “Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo” y acordando, por tanto, denominar a la ciencia encargada del estudio del suelo oficialmente como “*Soil Science*”, término que a la lengua castellana se tradujo como Edafología o ciencia del suelo, considerándose sinónimos hasta ahora.

En esta nueva etapa se investigó el suelo desde diferentes puntos de vista. Desde el punto de vista físico, para conocer su comportamiento mecánico, su estructura y la microestructura, su capacidad de retener y transpirar agua y aire (porosidad del suelo), e incluso su color, establecido por las claves de Munsell (Munsell, 1971), como se puede ver en la Figura 1, y que actualmente siguen utilizándose; desde el punto de vista químico, se estudió la composición del suelo, observándose el comportamiento coloidal de algunas sustancias, la importancia del pH y las reacciones redox que ocurren en el medio edáfico, y se descubrió cómo las plantas obtenían algunos de sus nutrientes a través del complejo de intercambio catiónico del suelo y la solución del suelo, y estudiando la composición de la materia orgánica en profundidad; desde el punto de vista mineralógico, se diferenció entre la fracción gruesa y fina de las partículas del suelo, y la importancia que tiene el estudio de estas, que actualmente es un análisis prácticamente obligatorio para poder caracterizar un suelo; finalmente, durante esta época también se realizaron los grandes avances en el estudio del suelo desde el punto de vista microbiológico y bioquímico, describiendo el papel fundamental que tenían en el suelo los ciclos biogeoquímicos del carbono, nitrógeno, fósforo y potasio, y el papel clave de los diferentes grupos de microorganismos en el suelo, e incluso el papel de estos para evitar la propagación de plagas.



Figura 1. Tablas Munsell para identificar el color del suelo. Elaboración propia.

Por último, durante esta etapa también se estudiaron y se establecieron cuáles eran los principales procesos que daban lugar a la formación de suelo, los llamados factores edafogenéticos, y se desarrollaron clasificaciones de suelos basándose en este tipo de factores. Los métodos de clasificación sirven para agrupar los suelos en clases, establecer relaciones entre los suelos y comunicar los resultados de las investigaciones y llevar a cabo transferencia de conocimientos. Una de las principales dificultades para clasificar los suelos reside en que el suelo es un continuum, por lo que resulta muy difícil delimitarlo. En la actualidad existen dos sistemas de referencia internacionalmente aceptados: *Soil Taxonomy* (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) y *World Reference Base* (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO).

Definición de suelo

La Edafología es una ciencia joven, con solo un par de siglos de historia como disciplina individual. Actualmente, no existe siquiera una definición de suelo (Figura 2) mundialmente aceptada. Por su parte, la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (SECS, 2014) ofrece tres definiciones para llegar a distintos tipos de usuarios, desde alumnos de secundaria a personas con estudios universitarios, con un grado de complejidad creciente por el mayor grado de especialización requerido:

1. Cuerpo natural formado en la superficie del planeta Tierra, compuesto por: minerales (diámetro $\leq 2\text{ mm}$), fragmentos de roca (diámetro $> 2\text{ mm}$) y materiales orgánicos. En sus poros se pueden encontrar líquidos, gases y organismos vivos. Tiene capacidad para: i) dar sustento a los ecosistemas terrestres, ya que permite el desarrollo de seres vivos, a los que provee de nutrientes, oxígeno, agua y un medio para vivir; ii) desarrollar una serie de funciones ambientales, proveyendo una gama de servicios ecosistémicos.
2. Sistema natural vivo, dinámico, organizado y complejo, que surge como resultado de: i) procesos de tipo físico, químico y biológico, que se producen al aparecer microorganismos y plantas en un material de origen natural con cierto grado de meteorización, o un material de origen antrópico; ii) intercambios de masa y de energía con su entorno; iii) la organización de materiales que tiene como resultado la generación de distintas capas u horizontes, los cuales tienen relación entre sí debido a los procesos de intercambio y/o transformación de material que tienen entre sí. Además, para la formación de estos horizontes actúan una serie de factores, que incluyen el clima, la roca originaria la topografía, la acción de los seres vivos y el clima. Esta definición incluye los sedimentos que se localizan bajo una lámina de aguas de poco espesor y que son aptas para mantener plantas; así como aquellos suelos desarrollados en zonas demasiado frías, en las que no pueden sobrevivir plantas superiores.

3. Interfaz entre: biosfera; litosfera (con la que coincide en su límite inferior con una roca o material originario con una transición generalmente indefinida y gradual); atmósfera, e hidrosfera. Forma un continuum de espesor variable, que supone la cubierta de gran parte de la superficie terrestre, cuya diversidad determina la edafodiversidad de un ecosistema. Desarrolla funciones ambientales que son claves para el correcto funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos y de la materia orgánica, siendo además fuente de alimentos y diversos servicios ecosistémicos. Todos los suelos tienen una serie de características comunes: i) constan de tres fases (sólida, líquida y gaseosa); ii) están formados por: materiales minerales (diámetro ≤ 2 mm), fragmentos de roca (diámetro > 2 mm), materiales orgánicos, agua y gases; iii) se organizan en capas u horizontes; iv) tienen una serie de propiedades físicas (estructura, textura, color, etc.); v) propiedades fisicoquímicas y químicas (pH, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, etc.); y vi) propiedades biológicas (respiración basal, variedad de microorganismos, etc.); aunque los perfiles pueden variar en gran medida según el tipo de suelo.



Figura 2. Muestra de suelo natural (Valle del Atanor, Sierra Mágina). Elaboración propia.

Origen y formación del suelo

La formación del suelo es un proceso muy lento, que podríamos decir que no sucede a escala humana, dado que se estima que, para la formación de 1 centímetro de suelo, se puede necesitar de cientos de miles de años (FAO, 2020). Para que se dé este proceso, deben actuar de forma conjunta y simultánea 5 factores (Vicenta Muñoz et al., 2016): clima, topografía, material madre, el tiempo y los factores biológicos (plantas, animales,

microorganismos y seres humanos). Las diferentes combinaciones e intensidades de estos factores son los que dan lugar a los diferentes tipos de suelo.

- Roca madre o material madre: es el material de partida, que se ha disgregado y alterado por la acción del resto de factores, y cuya composición química, así como los diferentes materiales con los que se mezcle (orgánicos u otras rocas), son indicativos de qué tipo de suelo se va a desarrollar.
- Clima: las temperaturas mínimas y máximas, así como la mayor o menor incidencia de precipitaciones, y cómo estas se concentran en el tiempo, determinan qué procesos físicos y químicos van a afectar al material madre, así como la velocidad de estos procesos.
- Factores biológicos: dentro de estos se incluyen microorganismos, plantas y animales, que tienen un papel fundamental, ya que determinan la materia orgánica que se va a incorporar y, en el caso de los microorganismos, cómo esta se va a descomponer, así como otro tipo de reacciones relacionadas con los ciclos biogeoquímicos. El ser humano también se considera un factor biológico, que puede alterar la formación y desarrollo del suelo en un sentido más amplio, con procesos como las deforestaciones, los incendios, la edificación o el agotamiento de los nutrientes debido a la agricultura, entre otros.
- Topografía: este factor interactúa con el clima y la vegetación, ya que determina si el clima va a ser más cálido o frío, así como la mayor o menor humedad, según nos encontremos en zona de valle, llanura o las diferentes caras de una montaña. Además, también afecta a los procesos erosivos (pérdida de suelo por gravedad), que serán más acentuados en zonas que presenten una mayor pendiente.
- Tiempo: probablemente el factor más importante, dado que como se ha comentado antes, el proceso de formación del suelo es muy lento y necesita de periodos prolongados en los que se produzcan los diferentes procesos físicos, químicos y biológicos, para dar lugar a la formación de un solo centímetro de suelo.

Estos factores son los que determinan los procesos de formación del suelo, que por lo general se pueden clasificar en 1) procesos de adición, 2) procesos de pérdida, que pueden ser por procesos de disolución o de eliminación, 3) translocaciones, procesos de movimiento de material o compuestos químicos a través del suelo, por lo general, hacia posiciones inferiores, y 4) transformaciones, debido a la acción del agua, el dióxido de carbono, o alguna otra sustancia disuelta, que pueden provocar cambios en los minerales, así como en las propiedades físicas y químicas del suelo.

Componentes y propiedades del suelo

El suelo es un medio muy complejo, compuesto por diferentes fases, una sólida, que incluye la fracción inorgánica o mineral, la materia orgánica, y los diferentes organismos vivos y microorganismos; una fase acuosa, y otra fase gas, constituida por los componentes atmosféricos.

La fase mineral depende en gran medida de la roca madre que dio lugar a la formación del suelo. De entre todos los minerales que pueden formar parte de un suelo destacan los silicatos, minerales compuestos por silicio y oxígeno que pueden estar acompañados de otros elementos como aluminio, hierro, magnesio o calcio, como los más abundantes, siendo especialmente relevante la proporción de los diferentes silicatos, que determinará muchas de las propiedades del suelo.

La fase mineral del suelo establece en gran medida las propiedades físicas del suelo, en conjunto con la materia orgánica. Se entiende por propiedades físicas aquellas que hacen referencia al estado físico del suelo, su estructura y la capacidad de este para contener agua y aire.

Dentro de las propiedades físicas, algunos de los parámetros más importantes son (Comino, 2019):

- La textura, que indica la proporción de los diferentes tamaños de partícula: arcilla (partículas con diámetro $< 2 \mu\text{m}$), limo (partículas con diámetro comprendido entre 2 y $50 \mu\text{m}$) y arena (partículas con diámetro entre 0.05 y 1 mm), que afecta a varias propiedades químicas del suelo y, a su vez, determina en gran medida la estructura del suelo.
- La estructura, nombre que recibe la forma en que se agrupan las partículas del suelo, que va a determinar otros parámetros de gran importancia para el suelo, como son la capacidad de campo (que es el agua que el suelo puede acumular en total) y su punto de marchitamiento permanente (que indica la cantidad de agua mínima necesaria para que la planta pueda extraerla del suelo), así como su porosidad.
- La porosidad, que es el sistema de cavidades y espacios vacíos presentes en el suelo, los cuales reciben el nombre de poros, lugares en los que podemos encontrar las fases acuosa y gas. Los poros pueden ser macroscópicos ($> 8 \mu\text{m}$ diámetro y que son ocupados por gases), o microscópicos ($< 8 \mu\text{m}$ diámetro y que son rellenados por agua retenida por capilaridad). Si no existe una buena distribución entre los tamaños de poro, puede dar lugar a condiciones asfixiantes para la planta, por falta de oxígeno, en caso de existir excesiva microporosidad, mientras que en las ocasiones donde predomine la macroporosidad la planta puede ser incapaz de obtener agua del suelo.

Por otro lado, la materia orgánica es considerada un factor clave para conocer la salud del suelo, dado que a partir de esta se generan los nutrientes del suelo con el paso del tiempo. Además, conocer la cantidad de carbono orgánico, determinado a través de la cantidad de materia orgánica es un gran indicador para detectar cambios en su salud y calidad (Wiesmeier et al., 2019).

La materia orgánica se genera a partir de restos de seres vivos, principalmente plantas, pero también animales. Si estos materiales se encuentran poco alterados, pueden transformarse en materia mineral (mineralización) dando lugar a componentes más simples. Otra posibilidad es que estos materiales relativamente frescos evolucionen hacia componentes más complejos (humificación), debido a la acción de diferentes microorganismos. Estos compuestos complejos se conocen como sustancias húmicas, las cuales se dividen en ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas, según su composición y comportamiento.

El último componente del suelo que queda por mencionar, aunque no por ello menos importante, es el referente a los diferentes organismos vivos que habitan en él, que incluye plantas, animales y microorganismos. Este componente está muy relacionado con la materia orgánica, ya que los organismos vivos son el aporte de materia orgánica del suelo, aunque también afectan a la meteorización de la roca madre, mientras organismos como las plantas a través de sus raíces pueden afectar a otros parámetros como la estructura del suelo.

Probablemente, de este componente, los organismos más importantes son los microorganismos, los cuales son los encargados de controlar y realizar los diferentes ciclos biogeoquímicos del suelo, que incluyen el ciclo del carbono, el ciclo del azufre, el ciclo del fósforo y el ciclo del nitrógeno. A través de esto se consigue tanto mineralizar la materia orgánica de manera que los nutrientes estén biodisponibles, como realizar el proceso de humificación de esta materia orgánica para generar almacenaje de nutrientes a largo plazo. La capacidad de un suelo para realizar este ciclo de nutrientes es lo que generalmente se conoce como propiedades biológicas.

Finalmente, las propiedades químicas del suelo también tienen una elevada relevancia, ya que son aquellas que hacen referencia a la presencia en el suelo de determinados elementos o compuestos, así como a la capacidad del suelo para retenerlos y almacenarlos. Los parámetros más relevantes de las propiedades químicas son la concentración de carbono orgánico, como medida de la cantidad de materia orgánica, así como la concentración de los diferentes macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y micronutrientes que son necesarios para la planta, algunos de ellos (calcio, magnesio, potasio y sodio) presentes en forma de cationes, en el complejo de intercambio catiónico o complejo de cambio, que es como se conoce al conjunto de partículas (arcillas y materia orgánica) con capacidad para adsorber los iones de la

solución del suelo. La disponibilidad de los diferentes cationes y aniones del suelo está en gran medida controlado por el pH del suelo, que en valores elevados o bajos puede bloquear la absorción de las plantas de algunos elementos, o aumentar la disponibilidad de alguno de ellos en exceso y generar toxicidad.

Clasificación de los suelos. Horizontes y suelos característicos de la provincia de Jaén

Además de sus principales componentes y propiedades, también resulta necesario conocer la clasificación de los suelos, que como se ha comentado anteriormente, se realiza siguiendo lo establecido por la *World Reference Base*. Esta clasificación se realiza utilizando los horizontes del suelo, que son las diferentes capas o perfiles que podríamos encontrar en un corte vertical (Figura 3). Estos horizontes tienen características y composiciones diferentes, lo que nos permite utilizarlos como herramienta de diagnóstico del tipo de suelo.

Por lo general, se habla de horizontes A, B y C, según lo cerca que estén de la superficie o la roca madre, aunque también existen otros tipos de horizontes como el horizonte O, compuesto por los restos frescos de organismo vivos o muertos, el horizonte R o D, que sería la roca madre, y el horizonte E, en el que ha desaparecido la arcilla y otros componentes debido a un proceso de lavado o eluviación. La denotación de los horizontes sigue el patrón *Xy*, siendo *X* el tipo de horizonte, escrito siempre en mayúscula, que puede ir o no acompañado de una letra *y*, siempre en minúscula, que es indicativa de algún rasgo muy característico de dicho horizonte. Algunos ejemplos son *p* (*plow* = arado), *h* (humus), *w* (*weathering* = meteorización), *k* (*calcium*), *y* (yeso), y *s* (sesquióxidos), entre otros. Además, se pueden añadir cifras detrás del patrón *Xy*, para indicar una subdivisión vertical de un mismo tipo de horizonte dentro del perfil de suelo, o cifras delante para indicar discontinuidades litológicas, es decir, que la roca madre o el material originario es diferente dentro del mismo perfil.

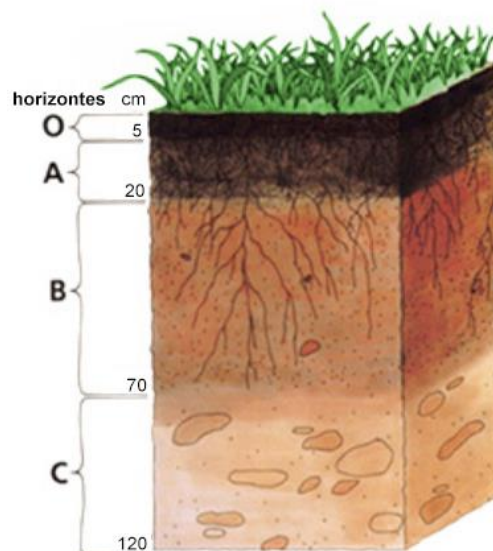


Figura 3. Perfil de suelo y horizontes. Fuente: <http://edafologia.net/>

Como ejemplo, y dado que este trabajo está orientado a alumnos de la provincia de Jaén, se exponen a continuación las principales tipologías de suelo que podemos encontrar en este territorio (FAO, 2006; Junta de Andalucía, 2005):

- Regosoles: se desarrollan sobre materiales poco consolidados, y aparecen generalmente en la parte sur y central de la provincia. Son suelos poco evolucionados, debido al poco tiempo transcurrido desde formación sobre materiales no aluviales, o por desarrollarse en lugares donde los procesos erosivos son intensos y continuos. Aparecen tres tipos principales: Regosoles Calcáreos, Regosoles Éutricos y Regosoles Dístricos.
- Calcisoles: suelos desarrollados sobre rocas de tipo margas y areniscas, pudiendo aparecer también sobre calizas, arcillas triásicas y conglomerados. Su característica diferenciadora es la presencia de un horizonte cálcico, que presenta más del 40% de carbonato cálcico, con gran cantidad de ilita entre sus arcillas. En suelos con mayor antigüedad, aparecen acumulaciones de carbonato cálcico cementadas, que dan lugar a horizontes petrocálcicos.
- Cambisoles: suelos con un cierto grado de evolución, bastante comunes en la provincia. Pueden desarrollarse sobre diferentes litologías, generalmente en relieves suaves o que están protegidos por la vegetación de los procesos erosivos. Presentan un horizonte de diagnóstico cámbico. Presentan carbonato cálcico distribuido a lo largo del perfil, sin generar acumulaciones.

- Luvisoles: son suelos desarrollados durante largo tiempo, que proporcionan al paisaje una policromía diversa y peculiar. Presentan un horizonte ócrico superficial, seguido de un horizonte árgico. Su contenido en materia orgánica no es especialmente elevado, pero su elevado contenido en arcilla (ilita y montmorillonita) le confiere una elevada capacidad de cambio catiónico
- Vertisoles: también llamados “tierras negras andaluzas”, son especialmente frecuentes en la Depresión del Guadalquivir, dentro de la comarca agrícola de La Loma desarrollándose sobre coluvios de margas enriquecidos en arcillas. Son suelos con poca diferenciación de sus horizontes, principalmente debido a los movimientos que realizan los materiales entre horizontes y a la formación de fracturas en la estación de verano, como consecuencia de su alto contenido en arcillas expansivas del tipo esmectita.
- Fluvisoles: suelos de bastante profundidad, con poco grado de evolución, formados sobre depósitos aluviales. Pueden diferenciarse dos tipos: Fluvisoles Calcáreos y Fluvisoles Eútricos. Se trata de suelos fértiles, en su mayoría dedicados a la agricultura hortícola y al cultivo de algodón.
- Leptosoles: muy poco representados en la provincia, tan solo aparecen en zonas escarpadas, donde la intensa actividad erosiva da lugar a una regeneración del suelo continua. Aparecen en zonas con ambientes más húmedos. Son suelos cuyo perfil es generalmente A-R, poco profundos debido a la aparición de la roca madre a los 15 cm de profundidad.

Importancia del estudio del suelo

El suelo es un recurso vital y una parte esencial del medio natural, a través del cual se obtienen la gran mayoría de los alimentos que son producidos y consumidos a nivel mundial. Asimismo, el suelo es el espacio vital para los seres humanos, que aporta muy diversos servicios ambientales, tales como el abastecimiento de agua a través de las aguas subterráneas, la regulación del clima, la conservación de la biodiversidad, así como algunos servicios culturales. Sin embargo, este recurso se encuentra sometido a una presión cada vez mayor debido al crecimiento poblacional, que genera una mayor demanda alimenticia, además de una competencia por los usos del suelo. Se estima que un tercio de los suelos mundiales están degradados y tanto líderes políticos como investigadores de todo el mundo están explorando cuáles son las diferentes posibilidades que se podrían adoptar para adaptar el uso del suelo a los objetivos del desarrollo sostenible (FAO, 2020).

La historia de la Tierra está repleta de civilizaciones y pueblos que desaparecieron, o entraron en decadencia, siendo una de las principales causas la degradación de sus suelos al sobrepasarse los límites de producción sostenible de alimentos. La salud y el

estado del suelo tienen un importante peso para toda sociedad humana, como base de los sectores productivos primario y, en menor medida, secundario. Por esto, hoy día, el suelo está sometido a políticas estratégicas, en las diferentes escalas legislativas (local, regional, nacional e intergubernamental) en lo referido a su uso y gestión, su conservación y sostenibilidad, el mantenimiento de su calidad ambiental, y el control de la producción agrícola y energética, entre otros (Domínguez et al., 2005)

A pesar de las muchas y relevantes funciones que tiene el suelo para el ser humano, en el pasado, su manejo y gestión no ha recibido la atención que merece, dado que se consideraba como un recurso infinito que siempre brindaría sus tan preciados servicios ecosistémicos. No obstante, la realidad es bien distinta y es menester sensibilizar sobre la importancia del suelo a la población, a la vez que se inculca la necesidad de protegerlo y utilizarlo de manera sostenible. La gran importancia de su conservación radica en que debemos considerar los suelos como un recurso no renovable a escala humana. Su conservación resulta esencial para salvaguardar la seguridad alimentaria, preservar gran parte de la biodiversidad del planeta, además de ser un medio clave para combatir el cambio climático a través del secuestro de carbono (Vicente-Vicente et al., 2017). Es tal la importancia de este medio que, con el objetivo de concienciar a la población sobre la importancia del suelo, la 68ª sesión de la Asamblea General de la ONU declaró 2015 como “Año Internacional de los Suelos”.

En el Año Internacional de los Suelos 2015 se establecieron una serie de “mensajes clave” (FAO, 2015), que resumen perfectamente la importancia de los suelos y lo que la mayoría de la población debería, como mínimo, conocer sobre ellos:

1. “Unos suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables”.
2. “Los suelos son el fundamento para la vegetación que se cultiva o gestiona para producir alimentos, fibras, combustibles o productos medicinales”.
3. “Los suelos sostienen la biodiversidad del planeta y albergan una cuarta parte de la misma”.
4. “Los suelos ayudan a combatir y adaptarse al cambio climático por su papel clave en el ciclo del carbono”.
5. “Los suelos almacenan y filtran agua mejorando nuestra resiliencia ante inundaciones y sequías”.
6. “Los suelos son un recurso no renovable, su conservación es esencial para la seguridad alimentaria y un futuro sostenible”.

3.2. Enseñanza del suelo en el sistema educativo español

La población debe concienciarse sobre la importancia del suelo, el cual es considerado un recurso natural no renovable a escala humana. Para ello debe conocer qué es el suelo, sus componentes, su comportamiento, las diferentes funciones que desarrolla y los diversos servicios ecosistémicos de los que es responsable. Estos conocimientos deberían adquirirse a través del sistema educativo desde edades tempranas, para así fomentar los comportamientos deseables respecto al medio edáfico en los futuros habitantes de nuestro planeta (SECS, 2017). Además, se considera que para desarrollar conductas positivas respecto a la conservación de ecosistemas terrestres, lo cual es la base epistemológica de diferentes grados universitarios, como Ciencias Ambientales, Ingeniería Agrícola o Ingeniería Forestal, pasa inevitablemente por conocer adecuadamente qué es el suelo desde la Educación Secundaria (Domínguez et al., 2005). Y es que, aunque la Ciencia del Suelo, ha sido reconocida como disciplina científica desde finales del siglo XIX, siendo prácticamente coetánea de muchas otras disciplinas, la Edafología no ha adquirido importancia en el currículo de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato en España. (SECS, 2017).

Para algunos autores, el concepto de suelo es básico en los currículos escolares, desde la Educación Primaria hasta la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato (Rebollo et al., 2005). Este concepto está incluido de alguna manera en las diferentes etapas educativas, dentro de diferentes áreas y materias, según el ciclo y el curso. Así podemos encontrarlo en 2º y 3º ciclo de Educación Primaria, en el 1º curso de Educación Secundaria y en 2º de Bachillerato, generalmente en asignaturas relacionadas con las ciencias naturales, aunque también se puede encontrar en otras disciplinas, en principio, más alejadas de las Ciencias Naturales, como la Geografía. Sin embargo, la enseñanza de la Edafología, jamás ha sido incluida, o se ha pensado en incluirla, como materia o asignatura por sí sola en los currículos de las enseñanzas obligatorias. Según el estudio realizado por la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (SECS, 2017), en la enseñanza española, tanto en la actual como en todas las anteriores a la última reforma educativa, el tratamiento del suelo en el currículo ha sido escaso, a pesar de ser un elemento determinante para la vida en la Tierra. Esto se ha ido mejorando, al menos en parte, con el tiempo, con las leyes y reformas educativas en el Estado Español. Sin embargo, el tratamiento que se da al suelo en el currículo sigue siendo insuficiente, dado que además de estar poco presente en el currículo actual, cuando aparece lo hace siempre dentro de otros contenidos o contextos como pueden ser los ecosistemas, provocando la dilución de este contenido.

La misma Sociedad Española de la Ciencia del Suelo, apunta a tres posibles causas para esta falta de inclusión de los conocimientos sobre el suelo en los estudios básicos (SECS, 2017):

1. El suelo históricamente no se ha considerado como un recurso limitado, cambiando esta concepción hace relativamente poco tiempo. Sin embargo, en la época actual, agencias internacionales como la FAO y la Agencia Europea del Medio Ambiente, colocan al suelo en una posición central, clave para resolver diferentes problemáticas asociadas con la producción de alimentos y fibras, la calidad de vida del ser humano, la defensa y conservación del medio ambiente y la lucha contra el cambio climático.
2. Es frecuente que no se dé la importancia requerida a la Edafología en los planes de estudio de muy diversas titulaciones, a pesar de que su importancia en estas resulta evidente, como son Ciencias Ambientales, Ingeniería Agrícola, Ingeniería Forestal o Ingeniería de Montes.
3. En los planes de estudio de grados universitarios relacionados con las ciencias naturales, como son los casos de los grados en Biología o Geología, la Edafología no es una asignatura troncal, no llegando a estar ofertada a veces ni siquiera como optativa.

Si se analiza en profundidad el contenido curricular en lo referente a la presencia del estudio del suelo o la Edafología en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, vemos que a nivel estatal este aparece en “Biología y Geología” de 1º y 3º de ESO, pero no lo hace en el bloque 2 “La Tierra en el Universo”, donde se estudian las capas de la Tierra (atmósfera, hidrosfera y biosfera), omitiendo el suelo, a pesar de que dentro de los descriptores de la asignatura se incluye “Características que hicieron de la Tierra un planeta habitable”, debiendo ser el desarrollo del suelo una de estas características. En el bloque 5 se incluye “Los agentes geológicos externos y los procesos de meteorización, erosión, transporte y sedimentación”, pero de nuevo, dentro de esos procesos externos, no se habla de la edafogénesis, proceso por el que a partir de los materiales meteorizados se forma el suelo.

El suelo por fin aparece nombrado en el bloque 6, que incluye “El suelo como ecosistema”. Esto indica, no solo que el suelo no se tiene en consideración en bloques en los que debería ser de gran importancia, sino que además su aparición está diluida dentro del bloque de ecosistemas, como un posible ejemplo de ecosistema. Tras esto, no se vuelve a hacer mención explícita al suelo hasta 2º bachillerato, desapareciendo prácticamente del currículo durante 4º ESO y 1º Bachillerato.

No existe, pues, una línea clara sobre el tratamiento del suelo en el currículo, probablemente debido a lo compleja que resulta la organización de contenidos que se incluyen en la Educación Secundaria. Una opción interesante es partir del concepto de suelo y su origen, utilizando como base los conocimientos previos que los alumnos ya tienen de otras disciplinas como la Geología, la Física y la Química (Happs, 1982). La

consideración de este tipo de conocimientos previos, junto a otros de tipo biogeológicos (procesos geológicos, ciclo de la materia, nutrición vegetal, etc.), podría permitir superar la visión típicamente agrológica del término suelo (Yus Ramos & Rebollo Bueno, 1993).

Por tanto, utilizando estos conocimientos previos, los estudiantes podrán entender cuáles son los componentes del suelo, así como sus características, dándole sentido al comportamiento del suelo y las diferentes funciones que realiza en el ecosistema. Así, relacionarán de manera progresiva con el suelo conceptos como los seres vivos y la protección, conservación y restauración ambiental, aspectos que sí se tratan en mayor profundidad en los currículos actuales.

Sin embargo, conforme están establecidos los contenidos en la legislación actualmente, el mejor planteamiento actual para el estudio del suelo sería abordarlo desde la transversalidad que lo integra dentro de la naturaleza, incluyendo su estudio en la transversalidad ecológica curricular, y trabajándolo dentro de la educación ambiental (SECS, 2017).

La baja representación del estudio del suelo en la Educación Secundaria Obligatoria actual también se pone de manifiesto con el dato que aporta el estudio del Libro Blanco de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo sobre los libros de texto (SECS, 2017), que indica que en la ESO, estos dedican un promedio de una página al estudio del suelo, representando esto el 0,57 % de las páginas totales. Esto parece indicar que en la ESO no se aprende a conocer el suelo, dado que no se dedican suficientes recursos a enseñar los conceptos más elementales sobre este, ni mucho menos se enseña a saber observar un suelo o poner en práctica conocimientos adquiridos referidos a este, no consiguiéndose por tanto ni las competencias de aprender a aprender, ni la de aprender a hacer, perdiéndose además la oportunidad de formar a los alumnos en valores ambientales respecto a este medio y, por tanto, de *aprender a ser*.

3.3. Fundamentación didáctica

Enseñanza de las ciencias

En la actualidad, sectores tan importantes como el de la salud, la alimentación, el transporte, y las comunicaciones, entre otros, dependen en gran medida del nivel de desarrollo de las actividades científicas y tecnológicas que existe en la sociedad. A pesar de esto, cuando se enfrenta a problemas o situaciones cotidianas, el peso de la ciencia en el modo de actuar de la población general es mínimo (Sánchez Mora & Macías Nestor, 2019). Estas actuaciones afectan a diferentes aspectos como son la salud, la calidad de vida, o el consumo de recursos, a través de decisiones en principio tan simples como la fuente de energía que se utiliza, el medio de transporte o las iniciativas políticas y sociales que se apoyan o rechazan. Estas decisiones van más allá del ámbito local y tienen efectos sobre el medio ambiente y la economía (Ariza, 2017).

Además, los jóvenes muestran un alarmante desinterés frente al estudio de las ciencias, según la OCDE, el Eurobarómetro y el informe PISA, que ha generado que la alfabetización científica se haya convertido en uno de los objetivos principales a nivel internacional para hacer frente a los actuales desafíos de la humanidad (OCDE, 2016).

Esto indica una necesidad de construir una cultura científica real en la población, generando ciudadanos responsables e informados, lo cual pasa por actuar en el punto de partida de todos, la educación primaria y secundaria, en la cual se debe incidir para conseguir una alfabetización científica que tenga efecto en la sociedad posterior. Esto debe llevarse a cabo dejando de lado las tradicionales clases de ciencias centradas en la asimilación de contenidos transmitidos por el docente (López et al., 2018), y basándose en el proceso de generación, construcción y refinamiento de manera progresiva en los alumnos de explicaciones o modelos mentales que les permitan interpretar los fenómenos del mundo natural a los que se enfrentan (Martínez Peña et al., 2016).

Además, es necesario que los jóvenes estudiantes tengan un concepto apropiado de la ciencia. Por lo general, los estudiantes suelen tener un concepto de ciencia relativamente apropiado, captando la esencia de que la ciencia consiste en la exploración, descubrimiento, e investigación metódica de la naturaleza, a la vez que resaltan su carácter explicativo y de validación de conocimiento (Vázquez-Alonso & Manassero-Mas, 2007). Sin embargo esto no es suficiente, y es necesario que los jóvenes sean realmente conscientes de cuáles son los métodos que se usan en la ciencia, y conozcan que la ciencia no es estática, sino que cuestiona constantemente sus modelos teóricos, lo que puede denominarse como un proceso de permanente revisión (Ferrés Gurt et al., 2015).

Sin embargo, estos son solo algunos de los aspectos de la naturaleza de la ciencia, y para generar una población con un conocimiento real sobre la ciencia, esta población debe ser consciente de diferentes cuestiones relativas a la ciencia (Manassero et al., 2001):

- La naturaleza del conocimiento científico: conocer entre otras cosas, que, aunque está cargado de teoría, tiene base empírica, su carácter tentativo, aunque fiable, y que se trata de un conocimiento objetivo dentro de la intersubjetividad de la comunidad científica, la importancia de la creatividad e imaginación, o su pluralismo metodológico.
- La relación que existe entre ciencia y tecnología: tener claro las diferencias y relaciones entre Ciencia y Tecnología, la importancia de la Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I).
- La sociología interna de la ciencia: el conocimiento científico tiene construcción social, dado que los responsables de esta son comunidades de científicos y grupos de trabajo, que colaboran y compiten en la misma medida, cada uno con sus diferentes ideas e influencias.
- La sociología externa de la ciencia: la ciencia está afectada por la sociedad que nos rodea (poder político, industria, organizaciones sociales), pero a su vez, la ciencia influye directamente en la sociedad, influenciando por tanto también en la ciencia escolar.

Si conseguimos educar a los ciudadanos en la naturaleza de la ciencia, dado lo profundamente afectada que esta la sociedad actual por la ciencia y la tecnología, generaremos población que sepa analizar los riesgos y beneficios que tendrían los diferentes avances, a la vez que es capaz de participar activamente en la discusión de temas socio-científicos controvertidos (Ariza et al., 2014). Se considera cultura científica o alfabetización científica al conjunto de valores sociales, éticos, metodológicos y actitudinales que son propios de la ciencia, incluyendo el pensamiento lógico, el escepticismo organizado y la provisionalidad de los resultados empíricos (Burns et al., 2003). Es decir, no es el aprendizaje y la memorización de conceptos y vocabulario científico, sino el comprender, entender, e incluso ser capaz de aplicar dichos conceptos en la vida real (Sánchez Mora & Macías Nestor, 2019).

Ideas previas de los estudiantes sobre el concepto de suelo

La investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales ha establecido que los estudiantes entran en las clases de ciencias con ideas preconcebidas sobre el mundo que les rodea, que no se ajustan a lo que establece la ciencia. Conocer estas ideas preconcebidas, cuyo término adecuado es ideas previas, debe ser un paso inicial, pero a la vez clave, para facilitar la labor docente (Morrison & Lederman, 2003).

Las ideas previas han centrado mucho la atención en investigación en los últimos años, ya que se consideran el origen de ciertos problemas de aprendizaje, convirtiendo las ideas alternativas con las que los estudiantes entran en el aula, y su influencia en el aprendizaje, en uno de los grandes protagonistas de la investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales (García-Rodeja Gayoso et al., 2020). En este sentido, es necesario diferenciar entre la diversidad de ideas de los estudiantes (Pedrinaci, 1996), que pueden ser desde nociones aisladas hasta nociones relacionadas con conceptos científicos. Estas ideas pueden funcionar como teorías o modelos implícitos, pudiéndose ser de orígenes muy diferentes, desde una educación escolar inadecuada, debido a la educación recibida en casa, o por su propia experiencia personal. Estas ideas alternativas pueden por tanto convertirse en un verdadero obstáculo epistemológico (Fernández et al., 2017).

Para abordar estas ideas ingenuas de los estudiantes sobre el mundo natural, en primer lugar, los profesores deben identificarlas y evaluarlas, ya que el factor más importante y que influye en la educación y el aprendizaje, es lo que el alumno ya sabe (Mintzes et al., 2000), pues no se puede afectar la comprensión científica del estudiante sin comprender la profundidad y la tenacidad de los conocimientos preexistentes (Carey, 1986). De esta manera, para que los profesores desarrollen instrucciones basadas en las preconcepciones de los estudiantes, es esencial que tengan una comprensión adecuada de las experiencias pasadas de un estudiante individual, su comprensión actual y su interés en los temas presentados (Morrison & Lederman, 2003).

Respecto al estudio de las ideas previas de los estudiantes sobre el concepto de suelo, existen diferentes estudios que han puesto de manifiesto una gran cantidad y variedad de ideas, tanto en lo referente a su definición, sus componentes, así como sus funciones y propiedades. Probablemente, la utilización del término “suelo” tanto en el ámbito científico, como en el lenguaje cotidiano, aunque con otra acepción, puede ser uno de los factores que puede haber provocado la existencia de concepciones y modelos mentales alternativos en los estudiantes (Pedrinaci, 1996).

En Educación Secundaria, se han encontrado en los estudiantes multitud de ideas previas respecto al suelo. Así, Yus Ramos & Rebollo Bueno (1993) encontraron tres grupos conceptuales que presentan los alumnos sobre el suelo:

- 1) El suelo como superficie inerte solo válida para construir o desplazarse.
- 2) El suelo como el resultado de la sedimentación de productos de diferente origen y composición.
- 3) El suelo como resultado de la erosión o alteración de las rocas, sin intervención alguna en ellos de procesos químicos.

Estas diferentes visiones se han observado en otros estudios, donde se encontró la idea del suelo inserta en los conocimientos del alumnado sobre la estructura de la Tierra,

significando la capa más superficial de la misma, asociándolo pues a ser únicamente la superficie que pisamos (Battista et al., 2001). En relación a esta idea, en el mismo estudio, se encontraron ideas tales como:

- El factor determinante de las características del suelo es el tipo de roca "porque cuanto más dura sea mejor resistirá el pisoteo".
- El suelo entre sus componentes no incluye los seres vivos (visión abiótica), o que el único papel de estos es aportar materia orgánica a partir de sus restos
- El suelo no tiene aire dentro.
- El suelo tan solo es un producto de la sedimentación de materiales, los cuales pueden tener orígenes muy diversos, y que han llegado hasta allí debido a la acción de algunos agentes geológicos.

Todas estas ideas están bastante extendidas. Así, son muchos los estudios que constatan la idea de los estudiantes de que el suelo constituye el alimento de las plantas, las cuales se alimentan de la tierra a través de las raíces, creencia existente en el mundo científico desde la antigüedad y que estuvo vigente hasta bien entrado el siglo XVII (Cañal, 1992). Otros estudios, también constatan la idea de algunos estudiantes que identifican el suelo como un ser vivo que se alimenta de todos los productos liberados durante la descomposición de materia orgánica (Ibarra et al., 2010). Asimismo, resulta bastante común que los alumnos no identifiquen la materia orgánica como un componente del suelo, aunque sí admitan su presencia en el mismo (Driver et al, 2015).

En un estudio más reciente, (Fernández et al., 2017) encontraron tres tipos de modelos mentales en los estudiante acerca del suelo:

1. Modelo de suelo primigenio: pensamiento del suelo como medio inerte, siendo únicamente la superficie para construir o sobre la que se pisa, o bien un medio inerte que tiene relación con la vegetación y la producción de alimentos.
2. Modelo de suelo geológico: creencia de que el origen del suelo está únicamente relacionado con los procesos de erosión y sedimentación de materiales geológicos, siendo estos procesos geológicos los únicos responsables de las adiciones o pérdidas de materiales en el suelo.
3. Modelo de suelo ecológico: este modelo de pensamiento está más acorde al ciclo de la materia, y sostiene que el suelo se forma como resultado de la descomposición de restos de naturaleza orgánica. Los estudiantes con este modelo de suelo, consideran que el suelo tiene entre miles y millones de años. Sin embargo, estos estudiantes no consideran a la geología como un factor edafogenético.

Este estudio parece indicar la persistencia de algunas de las ideas previas expuestas por (Yus Ramos & Rebollo Bueno, 1993), pero un avance en cierto sentido, al aparecer en los estudiantes el modelo de suelo ecológico. Esta dicotomía, entre percibir el suelo con una visión plenamente geológica o ecológica, podría asociarse a la forma en que se presentó a los estudiantes el suelo durante la enseñanza obligatoria (Fernández et al., 2017). En cuanto a la importancia del suelo, se encuentra en el alumnado el conocimiento de que el agua o el oxígeno son indispensables para la vida, pero no se incluye al suelo como elemento importante (Martínez Peña et al., 2016).

Estas explicaciones de los estudiantes sobre el concepto de suelo se corresponden en gran medida con las primeras ideas que aparecieron en la ciencia del suelo, pensando en el suelo como un medio para el sustento de la vida (Rebollo et al., 2005). Para conseguir cambiar en los alumnos los modelos simplistas, de suelo primigenio, hacia uno más adecuado, se recomienda tratar el concepto de suelo de un modo holístico, en el que se incluyan todos los aspectos fundamentales y las relaciones que existen entre los suelos, en lugar de proporcionar a los estudiantes diferentes visiones del suelo, que para ellos pueden parecer desvinculadas y aisladas (Fernández et al., 2017). En este sentido, tal y como se verá en mayor profundidad en el siguiente apartado, el aprendizaje basado en la indagación (*Inquiry Based Learning*, IBL), aplicado a esta ciencia, podrá permitir a los estudiantes comprender en mayor medida cuáles son las características del suelo y las conexiones que existen entre la Edafología y la Química, la Biología, la Geología o la Educación Ambiental (Acqua et al., 2016).

Aprendizaje por indagación

Desde mediados del siglo pasado, los especialistas vienen reclamando una enseñanza de las ciencias más relevante para el alumnado, centrada en la comprensión de fenómenos y asuntos cotidianos, que le permita desenvolverse apropiadamente en la sociedad actual (Ariza, 2017). Además, la integración de la educación secundaria en la sociedad actual implica cambios en las estrategias pedagógicas, que deberían cambiar de un aprendizaje basado en la transmisión a un aprendizaje basado en el descubrimiento y la experimentación, cambiando el enfoque del profesor al alumno, y pasando de un aprendizaje más teórico a un aprendizaje que relacione teoría y práctica (Novo, 2009). Como respuesta a esta necesidad, se sugiere el uso del aprendizaje por indagación (IBL).

El IBL se basa en la convicción de que el aprendizaje de la ciencia no consiste en la memorización de hechos e información científica, sino que se trata de comprender y aplicar conceptos y métodos científicos (Bell et al., 2010). Algunos investigadores consideran la indagación como el método más óptimo para enseñar ciencias, promoviendo habilidades de investigación y ayudando a los alumnos a asimilar nuevo conocimiento.

Esta metodología proporciona al alumno el control de su propio aprendizaje y le permite desarrollar por sus propios cauces, su comprensión, motivación y actitud hacia la ciencia, generando un aumento de su autoestima y su capacidad para manejar gran cantidad de datos, lo que se asimila en gran medida al mundo actual (Bevins & Price, 2016). Además, la indagación se considera la técnica idónea para que los alumnos puedan construir sus propios modelos mentales, bajo la supervisión y guía del docente, dado que la construcción por parte de los alumnos de modelos que les permitan interpretar fenómenos cotidianos es el objetivo fundamental de la enseñanza de las ciencias (Martínez Peña et al., 2016).

La metodología IBL es ampliamente identificada como una de las dimensiones principales en la Didáctica de las Ciencias Experimentales (Crujeiras-Pérez, 2017), a la vez que ha sido reconocida por la Unión Europea como el método de enseñanza ideal para los campos de ciencias y matemáticas, al haber demostrado que resulta especialmente válida para generar motivación en los estudiantes, que estos desarrollen competencias y adquieran la comprensión conceptual de contenidos esenciales de ciencias (Abril Gallego et al., 2014).

Se ha comprobado sistemáticamente que los métodos inductivos son por lo menos iguales y, en general, más eficaces que los métodos deductivos tradicionales para lograr una amplia gama de resultados de aprendizaje (Prince & Felder, 2006). Así lo demuestra el metaanálisis de 138 estudios, que mostraron una tendencia clara y positiva hacia las prácticas de enseñanza basadas en la indagación, especialmente cuando estas favorecen el pensamiento activo del estudiante y la generación de conclusiones a partir de los datos, dado que este tipo de aprendizaje, a través de investigaciones similares a las que realizan los científicos, consiguen involucrar de manera activa a los estudiantes en su propio aprendizaje, dando como resultado una mayor comprensión de los conceptos tratados que técnicas de aprendizaje tradicionales más pasivas (Minner et al., 2010).

El aprendizaje por indagación comienza cuando a los estudiantes se les presentan preguntas para ser respondidas, problemas para ser resueltos, o un conjunto de observaciones para ser explicadas (Evenson & Hmelo, 2000), siendo los resultados esperables, si este método se aplica eficazmente, que los estudiantes aprendan a formular buenas preguntas, identificar y reunir las pruebas adecuadas, presentar los resultados de forma sistemática, analizar e interpretar los resultados, formular conclusiones y evaluar el valor y la importancia de esas conclusiones (Lee, 2004).

Se trata por tanto de una forma de aprender y enseñar ciencias en que los estudiantes trabajan de una manera equiparable a como lo hacen los científicos. En las clases basadas en IBL, los estudiantes deben utilizar sus conocimientos previos, así como diferentes habilidades como simplificar y estructurar problemas complejos, observar

metódicamente, medir, clasificar, , cuantificar, inferir, llegar a conclusiones a partir de los datos y comunicar, entre muchas otras (Abril Gallego et al., 2014).

En resumen, las principales características del aprendizaje por indagación son (Toma et al., 2017):

- Los temas que se traten deben tener un interés científico que esté relacionado con los conocimientos previos de los alumnos, generándoles un conflicto cognitivo que como resultado lleve a la transformación de sus ideas previas en conocimiento científico.
- Los alumnos deben sentirse y ser parte del proceso, resolviendo problemas reales a partir de las conclusiones extraídas a través a partir de los datos, así como de la síntesis de ideas propias.
- Durante el proceso los alumnos deben construir sus modelos, aclarar y completar conceptos, además de ampliar conocimientos y habilidades que en un futuro sean aplicables en otros ámbitos, a la vez que aprenden los elementos centrales sobre la forma de hacer ciencia.
- Al final, se debe evaluar qué y cómo se ha aprendido, de manera conjunta entre el alumnado y el profesorado.

Generalmente, en los procesos de indagación se identifican cinco fases distintas: orientación, conceptualización, investigación, conclusión y discusión. La fase de conceptualización se divide en dos subfases que son alternativas: cuestionamiento y generación de hipótesis; la fase de investigación se divide en tres subfases: exploración, experimentación e interpretación de los datos; y la fase de discusión se divide en dos subfases: comunicación y reflexión (Pedaste et al., 2015).

Orientar y hacer preguntas son casi siempre los primeros procesos de una investigación. Los estudiantes hacen observaciones o miran fenómenos científicos que les interesan o despiertan su curiosidad. Idealmente, desarrollan preguntas por sí mismos. Una dificultad particular en un dominio a explorar es formular "buenas" preguntas que sean relevantes y puedan ser investigadas por medios científicos. Llegar a buenas preguntas puede requerir típicamente varios intentos a medida que crece la comprensión del dominio, lo que se denomina progresión cíclica de la indagación (Bell et al., 2010). Una descripción más profunda de las diferentes fases se puede observar en la Figura 4.



Figura 4. Esquema de las fases de aprendizaje por indagación (IBL). Basado en Pedaste et al. (2015)

Pero aunque sus características y fases estén bien definidas, no existe una única forma de IBL; el profesorado es el que debe decidir el grado de apertura de una clase de IBL, el nivel de investigación e incluso sobre quién recae cada responsabilidad, dando por tanto lugar a muchos tipos diferentes de clases y enfoques de IBL (Walker, 2007). Una diferenciación bastante general es discernir entre tres métodos, según el nivel de intervención del profesorado, los cuales se traducen en una progresión en cuanto a la autonomía del alumnado en el proceso de aprendizaje (Martínez Peña et al., 2016).

Estos métodos o niveles de intervención serían: la indagación estructurada, en la que a los estudiantes se les da un problema y un esquema de cómo resolverlo; la indagación guiada, en la que los estudiantes también deben averiguar el método de solución; y la indagación abierta, en la cual los estudiantes deben formular el problema por sí mismos y resolverlo. El profesor es por tanto el instructor, que actúa como facilitador, trabajando tanto con los grupos de estudiantes, como abordando los problemas de toda la clase cuando es necesario (Staver & Bay, 1987).

De entre los diferentes tipos de aprendizaje por indagación, las investigaciones señalan que los mejores resultados de aprendizaje se obtienen con la indagación guiada (Ariza, 2017). La superioridad de la indagación guiada tiene sentido debido a lo que conocemos de la arquitectura cognitiva humana, las diferencias entre expertos y novatos en una materia, y la carga cognitiva. Aunque los enfoques de instrucción no guiada o mínimamente guiada son muy populares y atractivos intuitivamente, se señala que estos enfoques ignoran, por un lado las estructuras de la arquitectura cognitiva humana, y por otro lado que los estudios de las últimas décadas revelan que la instrucción

mínimamente guiada es menos efectiva que los enfoques de instrucción que ponen un fuerte énfasis en la orientación del proceso de aprendizaje del estudiante (Kirschner et al., 2006).

Con investigación guiada nos referimos a ofrecer a los alumnos un *andamiaje* adecuado, refiriéndonos por andamiaje al proceso por el que una persona con un mayor grado de conocimiento sobre una materia, ayuda a otra a resolver cierta tarea que era incapaz de resolver por sí sola (Wood et al., 1976). Este concepto está basado en la *zona de desarrollo próximo* (Vygotsky, 1979), que indica la distancia entre el nivel de desarrollo actual, en este caso del alumno, que incluiría las actividades que este es capaz de realizar, y el nivel de desarrollo potencial, que serían aquellas actividades que podría realizar con la ayuda de una persona más capacitada, el profesor en este caso.

En los procesos de andamiaje el profesor puede ayudar al alumno de diferentes formas, colaborando con él para que articule sus pensamientos e ideas, dándole información sobre cómo realizar la tarea, o guiándolo a través de la reflexión sobre por qué la tarea debe resolverse de una forma determinada (Hmelo-Silver et al., 2007). La utilización del andamiaje en el ámbito escolar tiene como fin último ayudar a los estudiantes a realizar tareas que serían incapaces de realizar por sus propios medios, transfiriendo la responsabilidad de la realización de la tarea de forma gradual, dando como resultado último la capacidad del alumno de resolver estas tareas por sí mismo en el futuro.

Respecto a las estrategias de andamiaje, existen una gran cantidad de ellas, tanto generales como específicas, para los procesos de indagación. De entre estas, una alternativa específica para indagación son las cuatro acciones propuestas por (Holbrook & Kolodner, 2000) para trabajar con alumnos divididos en pequeños grupos:

- 1) Exponer la tarea como un problema, para que los alumnos piensen sobre la cuestión a investigar, y a partir de esta ayudarles a formular preguntas relevantes y a proponer posibles soluciones iniciales.
- 2) Compartir con toda la clase las cuestiones a investigar, dejando constancia de los conocimientos que se van adquiriendo, para favorecer la retroalimentación sobre sus ideas previas.
- 3) Proponer a cada uno de los grupos la elaboración de un diseño, así como que analicen las propuestas de todos, incluida la suya, realizando para ello una puesta en práctica de los diseños y utilizando los datos obtenidos para la evaluación.
- 4) Pedir a cada grupo que realice una presentación para explicar su diseño inicial y final al profesor y sus compañeros.

El uso de pequeños grupos para implementar la metodología de aprendizaje por indagación guiada o con andamiaje, tiene su base en que, en la tradición más social del aprendizaje y el paradigma sociocultural. Según este, la enseñanza y el aprendizaje de

las ciencias son una actividad social, en la cual se requiere que exista relación entre los individuos, que comparten y debaten sus ideas entre sí (Chamizo & Izquierdo, 2005).

Según las teorías de aprendizaje socioconstructivistas, el conocimiento surge de la búsqueda colaborativa de soluciones a problemas en comunidades con información distribuida entre sus miembros (Duit & Treagust, 1998). Piaget (1926) señaló la importancia de la interacción social para el surgimiento de conflictos cognitivos, siendo estos la base de numerosos desarrollos cognitivos (Lehtinen, 2003). El aprendizaje de investigación colaborativa es una de las empresas más desafiantes y emocionantes para las escuelas de hoy. Su objetivo es llevar a las aulas una nueva y prometedora cultura de enseñanza y aprendizaje, en la que los estudiantes en grupos participen en actividades de aprendizaje autorreguladas con el apoyo del profesor. Se espera que esta forma de aprendizaje fomente la motivación y el interés de los estudiantes por la ciencia, que aprendan a realizar pasos de indagación similares a los de los científicos y que adquieran conocimientos sobre los procesos científicos (Bell et al., 2010).

Por último, cabe reseñar que la efectividad de las estrategias de andamiaje dependerá siempre de la capacidad del profesorado para seleccionar y utilizar las más adecuadas en cada contexto (Crujeiras-Pérez, 2017), aunque de manera general se puede considerar que un docente realiza un correcto proceso de andamiaje, si cumple estas tres características (Van de Pol et al., 2010):

- 1) Contingencia: que exista una adaptación del apoyo docente al nivel del alumnado, tanto general como individual.
- 2) Temporalidad: que el apoyo docente se vaya retirando con el tiempo, de forma gradual y coherente.
- 3) Responsabilización: que la responsabilidad de las actividades se vaya transfiriendo al alumnado con el tiempo, de forma gradual y coherente.

4. Propuesta didáctica

En este apartado se va a desarrollar la propuesta didáctica, realizando en primer lugar una justificación y contextualización de la propuesta, para posteriormente describir los objetivos, competencias, contenidos, metodología y evaluación de dicha propuesta.

4.1. Justificación

Legislación educativa de referencia

A continuación, se enumera la legislación, tanto a nivel estatal como autonómico, de relevancia para la propuesta didáctica propuesta:

- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, núm. 3, de 3 de enero de 2015, páginas 169-546.
- Decreto 111/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, de 28 de junio 2016, núm. 122, páginas 27-43.
- Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, núm. 144, páginas 108-396.
- 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. Boletín Oficial del Estado, núm. 25, de 29 de enero de 2015, páginas 6986-7003.

Adscripción a una etapa, ciclo y nivel educativos

La unidad didáctica que se presenta está dirigida a la etapa de Educación Secundaria, específicamente al primer curso del primer ciclo de esta etapa. Pertenece a la asignatura de Biología y Geología, materia troncal de dicho curso.

Según la Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, esta unidad didáctica se emplaza en el Bloque 4 “Los ecosistemas”, cuyos contenidos principales son:

- Ecosistema: identificación de sus componentes.
- Factores abióticos y bióticos en los ecosistemas.
- Ecosistemas acuáticos.
- Ecosistemas terrestres.
- Factores desencadenantes de desequilibrios en los ecosistemas.
- Acciones que favorecen la conservación del medio ambiente.
- El suelo como ecosistema. Principales ecosistemas andaluces.

Aunque dentro de los contenidos de este bloque, esta unidad parece adecuarse solo al contenido “El suelo como ecosistema”, se pretende dar a los alumnos una visión más amplia de este medio, por lo que se trabajarían de manera directa dos de los siete contenidos: “ecosistema: identificación de sus componentes” y “factores abióticos y bióticos en los ecosistemas”; trabajándose además, de manera indirecta, otros tres contenidos recogidos en este bloque: “ecosistemas terrestres”, “factores desencadenantes de desequilibrios en los ecosistemas” y “acciones que favorecen la conservación del medio ambiente”.

4.2. Contextualización

Contextualización del centro escolar

El objetivo de esta unidad didáctica es que sea aplicable a la mayoría de centros de Educación Secundaria, sin embargo, en este caso, se ha realizado adaptada al Instituto de Educación Secundaria María Bellido (Figura 5), que se encuentra situado en Bailén, municipio encuadrado en el cuadrante noroccidental de la provincia de Jaén. Se encuentra a 400 m de altitud, con una extensión de 118 Km², tiene frontera con los municipios de Villanueva de la Reina, Baños de la Encina, Guarromán, Linares, Jabalquinto y Espeluy. Este municipio tiene una población aproximada de 18.000 habitantes, número estancado durante la última década.

De acuerdo a la información obtenida en el plan de convivencia del I.E.S. María Bellido de 2019 (<http://iesmariabellido.es/wp-content/uploads/2020/01/PlanCentro-PlanConvivencia-2019-2020.pdf>), el centro se encuentra ubicado en el mismo casco urbano. Consta de 2 edificios, separados por solo 250 metros, requiriendo que en ocasiones el profesorado deba desplazarse entre los edificios para impartir sus clases. Los edificios están situados, uno en la C/ Juan Salcedo Guillén y otro en la C/. Cuesta del Molino. En la actualidad hay 34 grupos que se dividen entre los 12 grupos de ESO, los 6 de Bachillerato, y los 16 restantes que corresponden a F.P. Básica, C.F. de Grado Medio y Superior y ESPA Semipresencial. El Instituto cuenta con aulas asignadas a los distintos grupos, así como con aulas específicas de música, plástica, tecnología, e informática, así como gimnasio, talleres, laboratorios y dependencias para servicios generales (IES María Bellido, 2019).

Los alumnos que recibe el centro pertenecen en su mayoría al municipio de Bailén, provenientes principalmente de dos colegios públicos diferentes, el CEIP Pedro Corchado y el CEIP Virgen de Zocueca, y en menor medida del Colegio Sagrado Corazón y del IES. Medina Rivilla, centro en que no se oferta Bachillerato, siendo el IES María Bellido el único centro que lo hace. Además, el centro recibe una pequeña cantidad de estudiantes provenientes de la aldea de Zocueca y de Baños de la Encina. Es reseñable que al lado del instituto hay un bloque de pisos de viviendas sociales, asistiendo estos estudiantes de zona socialmente deprimida al centro (IES María Bellido, 2019).

Las actividades económicas predominantes en el municipio son de índole industrial, dedicándose el 50% de su población activa en fundamentalmente en industria ceramista y de fabricación de materiales de construcción, siendo también importante el sector agrícola, que se dedica principalmente olivar, aunque también al cultivo vitícola. Respecto al sector servicios, además del comercio local, existen gran cantidad de actividades ligadas al sector industrial, siendo la más destacada el transporte. En lo referente a la oferta de ocio, Bailén cuenta con instalaciones deportivas: pabellón cubierto, piscina y gimnasio municipal, y Casa de la Cultura, siendo la oferta de ocio privado muy baja respecto a su variedad, siendo las únicas opciones la relativamente alta cantidad de bares, tabernas, cafeterías y pubs.



Figura 5. Instituto de Educación Secundaria "María Bellido"

Contextualización del aula

Cada una de las 3 aulas de 1º de ESO cuenta con 30 alumnos, aproximadamente, siendo el nivel cultural de las familias y su entorno socio-económico muy variado, aunque generalmente el nivel económico de las familias es medio-bajo. El alumnado es en su

mayoría, de nacionalidad española, con un porcentaje muy reducido de origen sudamericano, rumano, magrebí y chino, aunque todos ellos controlan perfectamente la lengua castellana. La motivación en los alumnos es el principal problema en este curso, ya que nos encontramos con alumnos con un alto grado de desinterés hacia los estudios y es frecuente la pasividad escolar. Esta pasividad genera graves problemas de comportamiento por parte de los alumnos en este curso, principalmente de disciplina, responsabilidad y respeto hacia el profesorado. Además, algunos alumnos generan dificultades y molestias a sus compañeros, y aunque estos problemas son escasos, podemos encontrar desde pequeños hurtos, a algunos “juegos violentos” que dan lugar a peleas e insultos, así como la falta de respeto entre ellos a menudo. No obstante, el absentismo escolar es muy reducido en este curso.

Los alumnos de este curso se caracterizan principalmente por estar en plena pre-adolescencia, añadiendo además que los diferentes alumnos se pueden encontrar en fases muy distintas de esta. En esta primera fase de la adolescencia se experimentan cambios en muchos ámbitos, como pueden ser aspectos físicos, cognitivos, afectivos y sociales (Oliva & Parra, 2004). Es destacable que, a nivel de conducta, los cambios hormonales pueden generar cambios en los estados de ánimo, predominando en los varones conductas agresivas, mientras en las mujeres existe una tendencia hacia los estados depresivos. En el ámbito cognitivo, los alumnos empiezan a entrar en un estadio de “pensamiento formal” (Piaget, 1926), en el que comienzan a razonar de forma más lógica e incrementan su capacidad para abstraerse, desarrollando el pensamiento crítico, el cual puede ocasionar que empiecen a poner en duda muchas de las normas que habían aceptado con anterioridad.

4.3. Objetivos

Objetivos generales de etapa

Según lo establecido en el artículo 11 del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, y secundado por artículo 3 del Decreto 111/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía los objetivos generales de etapa que se trabajarán en la presente unidad didáctica son:

- b) Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.
- e) Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.

f) Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.

g) Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.

Objetivos generales de la asignatura

La Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado, establece en el Anexo I, los objetivos para la asignatura de Biología y Geología, de los cuales, en esta unidad didáctica se abordan los siguientes:

1. Comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de la Biología y Geología para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones de desarrollos científicos y sus aplicaciones.
2. Aplicar, en la resolución de problemas, estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias, tales como la discusión del interés de los problemas planteados, la formulación de hipótesis, la elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales, el análisis de resultados, la consideración de aplicaciones y repercusiones del estudio realizado y la búsqueda de coherencia global.
3. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, interpretar diagramas, gráficas, tablas y expresiones matemáticas elementales, así como comunicar a otras personas argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia.
4. Obtener información sobre temas científicos, utilizando distintas fuentes, incluidas las tecnologías de la información y la comunicación, y emplearla, valorando su contenido, para fundamentar y orientar trabajos sobre temas científicos.
5. Adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas.
7. Comprender la importancia de utilizar los conocimientos de la Biología y Geología para satisfacer las necesidades humanas y participar en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que nos enfrentamos.
9. Reconocer el carácter tentativo y creativo de las ciencias de la naturaleza, así como sus aportaciones al pensamiento humano a lo largo de la historia, apreciando los

grandes debates superadores de dogmatismos y las revoluciones científicas que han marcado la evolución cultural de la humanidad y sus condiciones de vida.

Objetivos específicos de la Unidad Didáctica

Los objetivos específicos de esta unidad didáctica (OEUD) son los siguientes:

OEUD-1. Conocer que es el suelo desde el punto de vista de la ciencia del suelo.

OEUD-2. Saber nombrar y definir cuáles son los componentes del suelo como ecosistema, así como sus posibles orígenes y composiciones.

OEUD-3. Comprender cuales son las relaciones que se establecen entre los diferentes componentes del suelo.

OEUD-4. Elaborar un modelo que explique las relaciones entre los componentes del suelo, y entre el suelo y otros organismos o medios.

OEUD-5. Entender cuáles son las funciones ecosistémicas del suelo, y como estas afectan al ser humano.

OEUD-6. Experimentar como se podría generar un medio equivalente al suelo a partir de sus componentes individuales.

OEUD-7. Apreciar la importancia del suelo para la vida humana, y la necesidad de evitar su sobreexplotación, degradación y/o pérdida.

OEUD-8. Reconocer que existe una gran cantidad de tipos de suelos, con sus características propias, siendo capaz de describir los más comunes.

OEUD-9. Colaborar con los compañeros para la adquisición, comprensión y asimilación de conocimientos.

OEUD-10. Analizar los resultados propios y de los compañeros, y debatirlos, para ser capaces de llegar a conclusiones a través del método científico.

La relación entre los objetivos específicos de la unidad didáctica, con los Objetivos Generales de Etapa y los objetivos generales de la asignatura, se puede ver en la Tabla 1.

4.4. Competencias

Las competencias clave vienen recogidas en el artículo 2 de 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, siendo estas:

- a) Comunicación lingüística.
- b) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.

- c) Competencia digital.
- d) Aprender a aprender.
- e) Competencias sociales y cívicas.
- f) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor.
- g) Conciencia y expresiones culturales.

Estas competencias clave se van a desarrollar a través de las diferentes actividades que permitirán a los estudiantes alcanzar los objetivos específicos de la unidad didáctica, especialmente la Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología. La relación entre las competencias clave, y los objetivos específicos de la unidad didáctica se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Relación entre las competencias clave, los objetivos específicos de la unidad didáctica, los objetivos generales de etapa y los objetivos generales de la asignatura.

Competencia clave	Objetivos específicos de la Unidad Didáctica (OEUD)	Objetivos generales de etapa (OGE)	Objetivos generales de la asignatura (OGA)
a) Comunicación lingüística	2, 4, 9, 10	E	1, 2, 3, 5
b) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	B, E, F	1, 2, 3, 4, 5, 7, 9
c) Competencia digital	4, 10	B, E	3, 4
d) Aprender a aprender	4, 6, 9, 10	B, E, G	1, 4
e) Competencias sociales y cívicas	5, 7, 9, 10	B, D	2, 3, 5, 7
f) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor	4, 6, 9	D, G	2, 5

g) Conciencia y expresiones culturales	5, 7, 8	B	2, 7
---	---------	---	------

4.5. Contenidos

Contenidos de materia

Los contenidos que se tratan en esta unidad didáctica, corresponden según la Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, al bloque de contenidos “Los ecosistemas” (Bloque 4) de 1º de la ESO, en concreto:

- Ecosistema: identificación de sus componentes.
- Factores abióticos y bióticos en los ecosistemas.
- Ecosistemas terrestres.
- Factores desencadenantes de desequilibrios en los ecosistemas.
- Acciones que favorecen la conservación del medio ambiente.
- El suelo como ecosistema.

Contenidos o elementos transversales

En esta unidad didáctica, se pretender trabajar, de manera directa, los siguientes elementos transversales recogidos en el Decreto 111/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de la ESO en la Comunidad Autónoma de Andalucía Sin perjuicio de su tratamiento específico en las materias de la ESO:

b) El desarrollo de las competencias personales y las habilidades sociales para el ejercicio de la participación, desde el conocimiento de los valores que sustentan la libertad, la justicia, la igualdad, el pluralismo político y la democracia.

c) La educación para la convivencia y el respeto en las relaciones interpersonales, la competencia emocional, el autoconcepto, la imagen corporal y la autoestima como elementos necesarios para el adecuado desarrollo personal, el rechazo y la prevención de situaciones de acoso escolar, discriminación o maltrato, la promoción del bienestar, de la seguridad y de la protección de todos los miembros de la comunidad educativa.

g) El desarrollo de las habilidades básicas para la comunicación interpersonal, la capacidad de escucha activa, la empatía, la racionalidad y el acuerdo a través del diálogo.

h) La utilización crítica y el autocontrol en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación y los medios audiovisuales, la prevención de las situaciones de riesgo derivadas de su utilización inadecuada, su aportación a la enseñanza, al aprendizaje y al trabajo del alumnado, y los procesos de transformación de la información en conocimiento.

l) La toma de conciencia sobre temas y problemas que afectan a todas las personas en un mundo globalizado, entre los que se considerarán la salud, la pobreza en el mundo, la emigración y la desigualdad entre las personas, pueblos y naciones, así como los principios básicos que rigen el funcionamiento del medio físico y natural y las repercusiones que sobre el mismo tienen las actividades humanas, el agotamiento de los recursos naturales, la superpoblación, la contaminación o el calentamiento de la Tierra, todo ello, con objeto de fomentar la contribución activa en la defensa, conservación y mejora de nuestro entorno como elemento determinante de la calidad de vida.

4.6. Metodología

Principios metodológicos

La metodología didáctica a utilizar es el aprendizaje por indagación, método por el cual los estudiantes trabajan de manera análoga a la que lo hacen los científicos. En concreto, en esta propuesta didáctica se aplicará un aprendizaje por indagación guiada, con los alumnos trabajando en grupos, en la que, al tratarse de alumnos de entre 12-13 años, y que probablemente nunca han trabajado con esta metodología, esta guía o andamiaje será bastante profundo, para asegurar que los alumnos consiguen aprender, no solo contenidos científicos, sino también sobre algunos aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia, tales como la naturaleza del conocimiento científico y la sociología interna de la ciencia.

Dada la importancia de las ideas previas en el aprendizaje y enseñanza de ciencias, estas ideas se explorarán en las primeras sesiones de la unidad didáctica, con el objetivo de que con la aplicación de la metodología IBL estas ideas cambien y evolucionen hacia los modelos científicos actuales, desarrollando en el proceso un conocimiento adecuado de suelo. Por último, se pretende trabajar en grupos, para potenciar el aprendizaje cooperativo y que los alumnos *aprendan a aprender* a la misma vez que *aprenden a ser*.

Temporalización

La unidad didáctica se va a llevar a cabo a lo largo de nueve sesiones de cincuenta y cinco minutos, que se describen en mayor profundidad en el siguiente apartado. Dado que la asignatura Biología y Geología dispone de 3 sesiones semanales, la duración de esta unidad didáctica sería en principio, 3 semanas lectivas.

Sin embargo, debido al tiempo que será necesario para la fase de experimentación prevista, la duración de la unidad didáctica se estima de entre un mes y medio y dos meses, aunque esta fase de experimentación se simultaneará con el desarrollo de otras unidades didácticas, siendo el tiempo efectivo dedicado a la presente unidad didáctica de alrededor de 600 minutos, lo que equivaldría a 11 sesiones.

Descripción y secuenciación de actividades

A continuación, se exponen por orden cronológico, las sesiones de las que consta la unidad didáctica, indicando la duración de cada una de ellas, así como la actividad principal a desarrollar en cada tiempo, y una descripción de la actividad.

Sesión 1: Presentación de la metodología de indagación e ideas previas			
Tiempo	Actividad	Descripción de la actividad	OEUD
25 min	Indagación como análogo a la investigación científica	Explicación del método de trabajo, y sus fases (orientación, conceptualización, investigación, conclusión y discusión), a la vez que se compara este con el método científico. Se comunicará a los alumnos que deberán llevar un cuaderno individual de lo que han trabajado en cada sesión, que será evaluado al final de la unidad.	OEUD-9
20 min	Ideas previas sobre el suelo	Se pedirá a los alumnos que respondan en papel, que deberán entregar a la finalización de la clase, las siguientes preguntas: ¿Qué es un ecosistema? Nombra 3 ejemplos. ¿Qué es el suelo? ¿Cómo se forma el suelo? ¿De qué está compuesto? ¿Existen diferentes tipos? Si es así, ¿cuáles? ¿Para qué sirve el suelo?	
10 min	Mini-debate	Se pedirán voluntarios, y en caso de no obtenerlos, se elegirán alumnos al azar, para que lean sus respuestas, y se abra un pequeño turno de réplica al resto de compañeros para que comprueben si todos piensan de manera similar.	

Sesión 2: Creación de grupos y presentación de la actividad			
Tiempo	Actividad	Descripción de la actividad	OEUD
10 min	Creación de grupos	El profesor comunicará los grupos, que previamente ha elaborado en función de las respuestas de los alumnos al cuestionario de ideas previas. De esta manera, creará grupos de 4 personas, en los que a poder ser se mezclen pensamientos de modelo de suelo primigenio, geológico y ecológico. Los alumnos y el aula se adaptarán a estos grupos, que se mantendrán el resto de sesiones.	OEUD-2 OEUD-5 OEUD-7 OEUD-9
20 min	Presentación de la actividad	El profesor expondrá el problema para la actividad de indagación, que puede resumirse como: Una poderosa empresa multinacional (ejemplo BAYER) desea crear suelo de manera artificial, en cantidades que puedan reemplazar el suelo actual. Vosotros, como equipos de investigación, debéis presentar un borrador de proyecto, que recoja la siguiente información: - Justificación del proyecto - Procedimiento para la creación del suelo artificial - Compuestos necesarios y cantidades - Viabilidad económica El mejor borrador obtendrá la financiación (el profesor ofrecerá alguna recompensa que sirva de motivación extrínseca del tipo juego de mesa o de cartas con temática científica).	
25min	Orientación	Una vez tienen toda la información, se les proporciona tiempo a los grupos para pensar en la problemática propuesta, diseñando qué información van a necesitar conseguir, posibles medios para obtenerla, y, en definitiva, qué preguntas deben responder para realizar el borrador. En esta fase no disponen de medios electrónicos, aunque el profesor se irá desplazando entre los grupos para guiarles.	

Sesión 3: Conceptualización			
Tiempo	Actividad	Descripción de la actividad	OEUD
30 min	Cuestiones	Se les proporcionará a los alumnos dispositivos electrónicos con acceso a internet para que, con la ayuda de la información que puedan encontrar, puedan generar nuevas preguntas o cambiar las que generaron en la sesión anterior respecto a la actividad que deben realizar. Para este proceso el profesor irá asesorando a los grupos sobre posibles dudas y la veracidad de la información que encuentren.	OEUD-2 OEUD-3 OEUD-5 OEUD-7 OEUD-8 OEUD-9
25 min	Cuestiones definitivas	Se compartirá con toda la clase las cuestiones a investigar que ha generado cada grupo. Para ello, además se dejará constancia de los conocimientos que se han ido adquiriendo a través de la búsqueda de estas preguntas, o como respuesta a alguna de ellas, para favorecer la retroalimentación sobre sus ideas previas. Estas preguntas deben cubrir aspectos como: ¿Qué es el suelo? ¿Cuál es su origen? ¿Cuáles son sus componentes? ¿Para qué sirve el suelo? ¿Qué tipos de suelo existen? ¿Cuál es el mejor? ¿Por qué una empresa querría fabricar suelo? ¿Es rentable? ¿Qué funciones debe ser capaz de cumplir el suelo artificial para que se considere como suelo? Las preguntas definitivas serán las que guiarán a todos los grupos a través de las siguientes sesiones.	

Sesión 4: Exploración			
Tiempo	Actividad	Descripción de la actividad	OEUD
55 min	Búsqueda de información	Se les proporcionará a los alumnos dispositivos electrónicos con acceso a internet, así como páginas web de instituciones de referencia (SECS, FAO, entre otras), para que realicen una búsqueda de información que les permita responder a las preguntas generadas. Además, dispondrán de acceso a la biblioteca para la búsqueda en libros. A lo largo de toda la sesión, el profesor ayudará a los alumnos con las posibles dudas, haciendo intervenciones puntuales cuando considere que algo es de suficiente relevancia como para ser abordado en la pizarra o a través de una presentación previamente preparada. De esta manera los alumnos podrán discutir junto al profesor un determinado aspecto para lograr construir, entre todos, un conocimiento que esté bien adaptado.	OEUD-1 OEUD-2 OEUD-3 OEUD-4 OEUD-5 OEUD-7 OEUD-8 OEUD-9

Sesión 5: Diseño de experimentos			
Tiempo	Actividad	Descripción de la actividad	OEUD
20 min	Búsqueda de información	Se les permitirá a los alumnos completar la búsqueda realizada durante la sesión 4, presentando además la siguiente actividad, en la que deberán realizar un diseño experimental para fabricar su suelo artificial, en una escala menor	OEUD-1 OEUD-2 OEUD-3 OEUD-4 OEUD-5 OEUD-7 OEUD-8 OEUD-9
35 min	Diseño experimental	Los grupos deben diseñar un experimento para probar su suelo en una escala menor. El profesor ayudará a los grupos a diseñar dicho experimento, tanto en qué componentes usar para fabricar dicho suelo, como en qué comprobar para ver si realmente funciona como suelo. Ej: Una piedra caliza con diferentes compost por encima como suelo, y plantar diferentes semillas de plantas para comprobar que realiza la función de mantener y alimentar a la planta. Antes del final de la clase los grupos comunicarán al profesor su diseño experimental definitivo*	OEUD-6
* Antes de la siguiente sesión, el profesor informará a los alumnos de qué materiales dispone el centro, y cuáles deben o pueden adquirir ellos o el docente.			

Sesión 6: Experimentación			
Tiempo	Actividad	Descripción de la actividad	OEUD
55 min	Aplicación del diseño experimental	Los alumnos crearán su diseño experimental, bajo la atenta supervisión del profesor. Se realizará en el patio del instituto, en una zona adaptada especialmente para ello. En caso de contar con tiempo suficiente, los grupos explicarán al resto de la clase en qué consiste su diseño experimental, y cuáles son los resultados esperados. La toma de los datos necesarios se realizará en los últimos 5 minutos de las siguientes sesiones de clase (que no corresponderán a esta unidad didáctica en sí), durante un tiempo que variará entre 2 y 4 semanas, dependiendo del tipo de experimentos que realicen los alumnos.	OEUD-6 OEUD-9

Sesiones 7 y 8: Interpretación de datos y conclusiones			
Tiempo	Actividad	Descripción de la actividad	OEUD
55 min / sesión	Análisis de los datos y elaboración del borrador	Los alumnos buscarán dar sentido a los datos que han obtenido y sintetizar nuevos conocimientos a través de ellos, siempre con la ayuda del docente ejerciendo su labor de andamiaje. A partir de los datos obtenidos, empezarán a elaborar el borrador del proyecto, además de decidir cómo van a exponerlo al resto de la clase en la sesión 9, elaborando el material necesario para ello. En caso de que lo necesiten, se les proporcionará tiempo para que trabajen en casa y preparen la sesión 9.	OEUD-1 OEUD-2 OEUD-3 OEUD-4 OEUD-5 OEUD-9 OEUD-10

Sesión 9: Presentaciones y reflexión final			
Tiempo	Actividad	Descripción de la actividad	OEUD
40 min	Presentaciones y entrega de borradores	Cada grupo realizará una presentación de 5 minutos para explicar en qué consiste su concepto de suelo artificial, y si funciona o no lo hace en base a los datos obtenidos, al profesor y sus compañeros. La duración de estas presentaciones será de 5 minutos por grupo, más 3 minutos de preguntas.	OEUD-9 OEUD-10
15 min	Reflexión	En este período, se abrirá un pequeño debate para que los alumnos y el profesor, describan, critiquen y evalúen como ha sido el proceso de indagación de manera interna. De esta manera se podrá mejorar en futuras ocasiones, y comprobar si la metodología ha sido útil. Por último, los alumnos escribirán su última reflexión en su cuaderno individual, que deberán entregar junto al borrador del proyecto del grupo.	
En una sesión posterior, una vez evaluados los cuadernos individuales, los borradores de proyecto, y teniendo en cuenta las presentaciones, se anunciará al grupo ganador, y se le hará entrega de su recompensa, felicitando a toda la clase por el esfuerzo realizado.			

Recursos y materiales

Los recursos necesarios para la realización de la propuesta didáctica son el aula, el cual dispone de proyector, ordenador del profesor y pizarra tradicional. Además, se cuenta con los libros de texto y libros de la biblioteca y conexión a internet. Para hacer uso de los recursos web, los alumnos pueden utilizar ordenadores individuales de los que dispone el centro, existiendo la posibilidad de que utilicen otros dispositivos personales como el móvil, *tablet* u ordenadores personales. Para la fase de experimentación, los materiales serán aportados por el centro cuando este disponga de ellos y, en caso contrario, los traerán los alumnos o el docente responsable.

Atención a la diversidad

En el caso de contar con alumnado con necesidades específicas de apoyo educativo (ANEAE), que requieran de adaptaciones curriculares significativas, como pueden ser alumnos con dificultades físicas y/o de aprendizaje, se llevarán a cabo las pertinentes adaptaciones curriculares individualizadas en coordinación con el departamento de orientación del centro escolar.

En el caso de tratarse de adaptaciones curriculares no significativas, dado que el método de indagación con andamiaje se puede adaptar a los distintos ritmos de aprendizaje de los alumnos, el profesor llevará a cabo las adaptaciones pertinentes para garantizar que se alcanzan los objetivos de aprendizaje. Asimismo, la creación de grupos de trabajo garantiza la atención a la diversidad, al generar grupos que mezclen a alumnos más aventajados con otros que lo estén menos, de manera que estos primeros sean “mentores” de los segundos, procurando que sigan el proceso de aprendizaje, a la vez que aseguramos que ninguno de ellos pierda el interés en las diferentes actividades.

4.7. Evaluación

Sistema de evaluación

Para la evaluación del alumnado, se utilizarán diferentes herramientas de evaluación:

- Notas tomadas por el profesor en cada sesión indicando cómo ha trabajado el alumno, si ha colaborado o ha tenido una conducta disruptiva o ausente.
- Cuaderno individual del alumno, en el que indican lo que han trabajado en cada sesión, los nuevos conocimientos adquiridos, y en la última sesión, su reflexión sobre el proceso de indagación.
- Borrador de proyecto grupal, trabajo escrito que debe incluir en sus apartados los conocimientos adquiridos por el grupo, así como las conclusiones extraídas del proceso experimental.
- Evaluación por parte del profesor de la presentación grupal de su proyecto de suelo artificial.

Estas herramientas de evaluación se aplicarán utilizando la rúbrica que aparece en la Tabla 2 para la evaluación de los criterios de evaluación de la unidad didáctica, el comportamiento y la actitud de trabajo.

Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación de la unidad didáctica son:

1. Sabe definir qué es el suelo desde un punto de vista holístico.
2. Conoce cuáles son los componentes principales del suelo, y las principales relaciones entre ellos.
3. Comprende cómo se forma el suelo de manera natural, y los factores que influyen en su formación.
4. Reconoce que existen diferentes tipos de suelo.
5. Comprende la importancia del suelo, tanto para el ser humano, como para el planeta tierra.
6. Puede nombrar algunos de los principales servicios ecosistémicos que proporciona el suelo.
7. Consigue realizar un diseño experimental con sentido.
8. Demuestra ser responsable al mantener un diseño experimental durante un tiempo determinado.
9. Es capaz de exponer sus conocimientos de manera clara y ordenada, tanto de manera escrita como oral.
10. Trabaja en grupo, respetando las opiniones de los demás.

Tabla 2. Rúbrica de evaluación con los niveles de consecución para cada uno de los criterios de evaluación de la unidad didáctica.

Criterio de evaluación	Instrumento de evaluación / Nivel de consecución del criterio	Conseguido con creces	Conseguido	Parcialmente conseguido	No conseguido
Sabe definir qué es el suelo desde un punto de vista holístico	Cuaderno individual y trabajo grupal por separado	Realiza una definición de suelo perfecta	Define suelo correctamente, aunque omite algún concepto	Definición de suelo aceptable, aunque demuestra no haber comprendido algún concepto de su definición	Define suelo de manera errónea, o no lo define
Conoce cuáles son los componentes principales del suelo, y las principales relaciones entre ellos	Cuaderno individual y trabajo grupal por separado	Nombra y define los 5 componentes del suelo	Nombra los 5 componentes del suelo, pero solo define correctamente algunos	Nombra algunos componentes del suelo, y los define de manera adecuada	No nombra todos los componentes del suelo, y los que nombra no los define correctamente
	Cuaderno individual y trabajo grupal por separado	Conoce que existen relaciones entre los componentes del suelo, y es capaz de nombrar y explicar las más importantes	Conoce que existen relaciones entre los componentes del suelo, y es capaz de nombrar y explicar algunas de ellas	Conoce que existen relaciones entre los componentes del suelo, pero no es capaz de explicarlas	Piensa que los componentes del suelo son estáticos y no interactúan entre ellos
Comprende cómo se forma el suelo de manera natural, y los factores que influyen en su formación	Cuaderno individual y trabajo grupal por separado	Conoce los orígenes y de qué están compuestos todos los componentes del suelo	Conoce los orígenes y de qué están compuestos 3 o 4 componentes del suelo	Conoce los orígenes y de qué están compuestos 1 o 2 componentes del suelo	No conoce los orígenes y de qué están compuestos ninguno de los componentes del suelo

Criterio de evaluación	Instrumento de evaluación / Nivel de consecución del criterio	Conseguido con creces	Conseguido	Parcialmente conseguido	No conseguido
Reconoce que existen diferentes tipos de suelo	Cuaderno individual y trabajo grupal por separado	Reconoce la gran variedad de suelos existente, y es capaz de describir al menos 3 tipos	Reconoce la gran variedad de suelos existente, y es capaz de describir al menos 1-2 tipos	Sabe que existen suelos diferentes, pero no sabe en qué se diferencian	Cree que todos los suelos son iguales
Comprende la importancia del suelo, tanto para el ser humano, como para el planeta tierra	Cuaderno individual y trabajo grupal por separado	Entiende la importancia del suelo para el ser humano, y el resto de seres vivos	Entiende la importancia del suelo, aunque solo para el ser humano y algunos seres vivos	Entiende la importancia del suelo, aunque solo para el ser humano	No entiende o cree que el suelo sea realmente importante para el ser humano o los seres vivos
Puede nombrar algunos de los principales servicios ecosistémicos que proporciona el suelo	Cuaderno individual y trabajo grupal por separado	Es capaz de nombrar y describir al menos 3 servicios ecosistémicos del suelo	Es capaz de nombrar y describir al menos 2 servicios ecosistémicos del suelo	Es capaz de nombrar y describir al menos 1 servicio ecosistémico del suelo	No es capaz de nombrar y describir ningún servicio ecosistémico del suelo
Consigue realizar un diseño experimental con sentido	Cuaderno individual y trabajo grupal por separado	Diseña un experimento con sentido, y lo lleva a cabo hasta el final	Diseña un experimento con sentido, pero no lo realiza correctamente	Diseña un experimento con poco sentido, y lo lleva a cabo hasta el final	Diseña un experimento con poco sentido, y no lo realiza correctamente
Demuestra ser responsable al mantener un diseño experimental durante un tiempo determinado	Cuaderno individual	Se interesa en todo momento por el seguimiento de su experimento	Cumple adecuadamente con el seguimiento de su experimento	Se desentiende de su experimento en algún momento	No realiza seguimiento de su diseño experimental

Criterio de evaluación	Instrumento de evaluación / Nivel de consecución del criterio	Conseguido con creces	Conseguido	Parcialmente conseguido	No conseguido
Es capaz de exponer sus conocimientos de manera clara y ordenada, tanto de manera escrita como oral	Cuaderno individual y trabajo grupal por separado	Expresa correctamente los conocimientos adquiridos	Expresa de manera adecuada los conocimientos adquiridos	Expresa de manera inadecuada parte de los conocimientos trabajados	Expresa de manera inadecuada la mayoría de los conocimientos trabajados
	Presentación grupal: Dominio de los conocimientos	Durante la presentación, exponen correctamente todos los contenidos que se han trabajado	Durante la presentación, exponen correctamente la mayoría de los contenidos que se han trabajado	Durante la presentación, exponen de manera incorrecta algunos de los contenidos que se han trabajado	Durante la presentación, exponen de manera incorrecta la mayoría de los contenidos que se han trabajado
	Presentación grupal: Claridad y originalidad de la presentación	Presentan con seguridad y profundidad su proyecto, añadiendo algún toque original	Presentan con seguridad y profundidad su proyecto	Presentan con seguridad su proyecto, aunque de manera poco profunda	Presentan con cierta inseguridad su proyecto, o con clara falta de preparación

Criterio de evaluación	Instrumento de evaluación / Nivel de consecución del criterio	Conseguido con creces	Conseguido	Parcialmente conseguido	No conseguido
Trabaja en grupo, respetando las opiniones de los demás	Hoja de observación de comportamiento y participación en clase en las sesiones 1-9 por separado	Trabaja bien en grupo, e intenta ayudar a los compañeros en la medida de lo posible	Trabaja bien en grupo, aunque solo se responsabiliza de su parte	No trabaja bien en grupo, generando algún conflicto menor	No trabaja en grupo, negándose a realizar su parte o generando conflictos

Criterios de calificación

Para obtener la calificación de cada alumno en esta unidad didáctica, se le darán diferentes pesos a cada uno de los instrumentos de evaluación utilizados, según la importancia de estos y los diferentes criterios de evaluación, tal y como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Criterios de calificación

Instrumento de evaluación	Peso porcentual	Criterios de evaluación
Hoja de observación de comportamiento y participación	10%	10
Cuaderno individual del alumno	40%	1-9
Borrador de proyecto grupal	40%	1-7, 9
Presentación del proyecto	10%	9

Evaluación del proceso enseñanza-aprendizaje

Con el objetivo de comprobar y evaluar cómo se ha realizado el proceso enseñanza-aprendizaje se tendrán en cuenta los siguientes aspectos, analizados a través de los cuatro instrumentos de evaluación:

- Evolución de las ideas previas del alumnado, para conocer hasta qué punto han avanzado en su alfabetización científica. Esto se podrá constatar especialmente tras la comparación de las respuestas de la sesión 1 respecto a su trabajo final, y comparándolo con los resultados obtenidos en las mismas cuestiones (metodología pretest - postest), en una clase diferente del mismo curso, que trabaje estos contenidos mediante un modelo de enseñanza tradicional.
- Las calificaciones obtenidas por los alumnos, en comparación a otras unidades didácticas, tanto las realizadas previamente, como las que se realicen en el tiempo restante del curso escolar, serán indicativas de la utilidad de esta metodología, si se ha llevado a cabo de manera eficiente, y si se ha conseguido motivar al alumnado. Esto se podrá determinar de manera más detallada mediante las notas tomadas por el profesor en cada una de las sesiones.
- Consecución de los objetivos, tanto los generales de etapa, como los generales de la asignatura y los específicos de la unidad didáctica, así como el desarrollo de competencias clave asociadas a cada uno de estos.

5. Bibliografía

Referencias bibliográficas

- Abril Gallego, A. M., Romero Ariza, M., Quesada Armenteros, A., & García, F. J. (2014). Creencias del profesorado en ejercicio y en formación sobre el aprendizaje por investigación. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 11(1), 22-33. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2014.v11.i1.04
- Acqua, A., Pennesi, D., Stacchiotti, L., & Paris, E. (2016). Studying the soil: from the school organic garden to the ibse activity in the classroom. En J. L. Bravo (Ed.), *Actas de los XXVII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 1411-1417). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura.
- Ariza, M. R., Abril, A. M., Quesada, A., & García, F. J. (2014). Bridging inquiry based learning and science education on socio scientific issues: contributions to the PARRISE European Project. En *INTED2014, Proceedings 8th International Technology, Education and Development Conference* (pp. 2599-2607). IATED Academy.
- Ariza, M.R. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 286-299. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.01
- Battista, V., Prieto Ruz, T., Blanco, A., & González García, F. (2001). Actividades para la iniciación del concepto de suelo. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 30, 55-66.
- Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S., & Ploetzner, R. (2010). Collaborative inquiry learning: Models, tools, and challenges. *International Journal of Science Education*, 32(3), 349-377. <https://doi.org/10.1080/09500690802582241>
- Bevins, S., & Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 38(1), 17-29.
- Burns, T. W., O'Connor, D. J., & Stocklmayer, S. M. (2003). Science communication: a contemporary definition. *Public Understanding of Science*, 12, 183-202.
- Cañal, P. (1992). *¿Cómo mejorar la enseñanza de la nutrición de las plantas?* Junta de Andalucía (Colección de materiales curriculares para la educación primaria).
- Carey, S. (1986). Cognitive science and science education. *American Psychologist*, 41(10), 1123– 1130.
- Chamizo, J. A., & Izquierdo, M. (2005). Ciencia en contexto: una reflexión desde la filosofía. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 46(1), 9-17.

- Comino, F, (2019). Evaluación agro-ambiental del olivar basada en técnicas espectroscópicas (tesis doctoral). Universidad de Jaén, Jaén, España.
- Crujeiras-Pérez, B. (2017). Análisis de las estrategias de apoyo elaboradas por futuros docentes de educación secundaria para guiar al alumnado en la indagación. *Revista Eureka*, 14(2), 473-486.
https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.13
- Decreto 111/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, de 28 de junio 2016, núm. 122, página 27-43.
- Domínguez, J., Rodríguez, C. M., & Negrín, M. . (2005). La educación edafológica entre el tránsito de la educación secundaria a la universidad. *Enseñanza de las Ciencias, Extra*, 1-5.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (2015). *Making Sense of Secondary Science*.
- Duit, R., & Treagust, D. (1998). Learning in science: From behaviourisms towards social constructivism and beyond. En B. Fraser & K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 3-25). Kluwer.
- Evenson, D. H., & Hmelo, C. (2000). *Problem-based learning: A research perspective on learning interactions*. Lawrence Erlbaum.
- FAO (2006). *World Reference Base for Soil Resources. A framework for international classification, correlation and communication. World Soil Resources Reports, 103. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy*.
- FAO (2015). Año internacional de los suelos 2015. Lugar de publicación: <http://www.fao.org/soils-2015/about/es/>
- FAO (2020). Alianza Mundial por el Suelo. Lugar de publicación: <http://www.fao.org/global-soil-partnership/es/>
- Fernández, A., Sesto, V., & García-Rodeja, I. (2017). Modelos mentales de los estudiantes de secundaria sobre el suelo Secondary students ' mental models about the soil. *Enseñanza de las Ciencias*, 2, 127-145.
- Ferrés Gurt, C., Marbà Tallada, A., & Sanmartí Puig, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37.
<https://doi.org/10.498/16922>

- García-Rodeja Gayoso, I., Silva García, E. T., & Varela, V. S. (2020). Competencia de estudiantes de secundaria para aplicar ideas sobre el funcionamiento de los ecosistemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(1), 67-85.
- Happs, J. C. (1982). Some aspects of student understanding of soil. *The Australian Science Teacher Journal*, 28(3), 25-31.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42, 99-107.
- Holbrook, J., & Kolodner, J. L. (2000). Scaffolding the Development of an Inquiry-Based (Science) Classroom. *Fourth International Conference of the Learning Sciences*, 221-227.
- Humboldt, A. von. (2011). *Cosmos: ensayo de una descripción física del mundo* (S. Rebok (ed.)). Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Los libros de la catarata.
- Ibarra, J., Carrasquer, J., & Gil, M. J. (2010). Un proceso oscuro y anónimo: la descomposición de la materia viva. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 17(64), 99-108.
- Junta de Andalucía (2005). *Map of Soils of Andalucía, 1: 400,000*. [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnnextoid=0a45239671e0a210VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=36faa7215670f210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang_en\]](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam/menuitem.04dc44281e5d53cf8ca78ca731525ea0/?vgnnextoid=0a45239671e0a210VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=36faa7215670f210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnnextfmt=rediam&lr=lang_en)
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry- Based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 78-86. <https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102>
- Lee, V. (2004). *Teaching and Learning through Inquiry*. Stylus Publishing.
- Lehtinen, E. (2003). Computer-supported collaborative learning: An approach to powerful learning environments. En E. de Corte, L. Verschaffel, N. Entwistle, & J. van Merriënboer (Eds.), *Powerful learning environments: Unravelling basic components and dimensions* (pp. 35-53). Elsevier Science.
- López, V., Grimalt-Álvaro, C., & Couso, D. (2018). ¿Cómo ayuda la Pizarra Digital Interactiva (PDI) a la hora de promover prácticas de indagación y modelización en el aula de ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 3302. <https://doi.org/10.25267/Rev>
- Manassero, M. A., Vázquez, A., & Acevedo, J. A. (2001). *Avaluació del temes de ciència, tecnologia i societat*. Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.

- Martínez Peña, M., Gil Quílez, M., & Gándara Gómez, M. (2016). Aportación de las experiencias a la construcción de modelos: el suelo como sistema. *Enseñanza de las ciencias de la tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24(2), 182-189.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction - what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496.
- Mintzes, J. J., Wandersee, J. H., & Novak, J. (2000). *Assessing science understanding: A human constructivist view*. Academic Press.
- Morrison, J. A. & Lederman, N. G. (2003). Science Teachers' Diagnosis and Understanding of Students' Preconceptions. *Science Education*, 87(6), 849-867. <https://doi.org/10.1002/sce.10092>
- Munsell, A. H. (1971). *A Colour Notation: An Illustrated System Defining all Colours and their Relationships by Measured Scales of Hue, Value, and Chroma*. Baltimore, MD: Munsell Colour Company, Inc
- Novo, M. (2009). La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible. *Revista de Educación*, 1, 195-217.
- OCDE. (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*. OECD.
- Oliva A. & Parra, A. (2004). Contexto familiar y desarrollo psicológico durante la adolescencia. En E. Arranz (Ed.), *Familia y desarrollo psicológico* (pp.96-123). Madrid: Pearson Educación.
- 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. Boletín Oficial del Estado, núm. 25, de 29 de enero de 2015, página 6986-7003.
- Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado. Boletín Oficial de la Junta de Andalucía, de 28 de julio de 2016, núm. 144, página 108-396.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>

- Pedrinaci, E. (1996). Sobre la persistencia o no de las ideas del alumnado en geología. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 3(7), 27-36.
- Piaget, J. (1926). *The child's conception of the world*. Alcan.
- Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123-138. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x>
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, núm. 3, de 3 de enero de 2015, página 169-546.
- Rebollo, M., Prieto, T., & Brero, V. (2005). Aproximación a la historia y epistemología del concepto de suelo: implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias, Extra*, 1-5.
- Sánchez Mora, M. del C., & Macías Nestor, A. P. (2019). El papel de la comunicación pública de la ciencia sobre la cultura científica: acercamientos a su evaluación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 1103 (1-13). <https://doi.org/10.25267/Rev>
- SECS (2014) Diccionario Multilingüe de la ciencia del suelo. Lugar de publicación: <https://cit.iec.cat/DMCSE/default.asp?opcio=1>
- SECS. (2017). *Libro Blanco sobre el tratamiento del suelo en los libros de texto de Enseñanza Secundaria Obligatoria y de Bachillerato en España* (Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (ed.); 2ª Edición). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Staver, J. R., & Bay, M. (1987). Analysis of the Project Synthesis Goal Cluster Orientation and Inquiry Emphasis of Elementary Science Textbooks. *J. Research in Science Teaching*, 24, 629-643.
- Toma, R. B., Greca, I. M., & Meneses-Villagrác, J. Á. (2017). Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas usando la metodología de indagación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 442-457. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.11
- Van de Pol, J., Volman, M., & Beishuizen, J. (2010). Scaffolding in teacher student interaction: A decade of research. *Educational Psychology Review*, 22(3), 271-296.
- Vázquez-Alonso, A. & Manassero-Mas, M. A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (II): evidencias empíricas derivadas de la investigación. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 4(3), 417-441. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i3.03

- Vicenta Muñoz, A., Álvarez Rodríguez, J., & Asedegbega Nieto, E. (2016). *Gestión y Conservación de Aguas y Suelos*. UNED.
<https://libroselectronicos.ujaen.es/Record/Xebook1-6358>
- Vicente-Vicente, J. L., Gómez-Muñoz, B., Hinojosa-Centeno, M. B., Smith, P., & Garcia-Ruiz, R. (2017). Carbon saturation and assessment of soil organic carbon fractions in Mediterranean rainfed olive orchards under plant cover management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 245(May), 135-146.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.020>
- Viqueira Díaz-Fierros, F. (2011). *La ciencia del suelo: Historia, concepto y método*. ES Servizo de Publicacións e Intercambio Científico da USC 2013.
<https://libroselectronicos.ujaen.es/Record/Xebook1-48>
- Vygotsky, L. S. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Crítica, D. L.
- Walker, M. (2007). *Teaching inquiry based science*. Lightning Source.
- Wiesmeier, M., von Lützw, M., Wollschläger, U., Vogel, H.-J., Garcia Franco, N., Ließ, M., Urbanski, L., Hobley, E., Marín-Spiotta, E., van Wesemael, B., Lang, B., Rabot, E., & Kögel-Knabner, I. S. (2019). Soil organic carbon storage as a key function of soils – a review of drivers and indicators at multiple scales. *Geoderma*, 333(July 2018), 149-162.
- Wood, D., Bruner, J. S. & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology y Psychiatry y Allied Disciplines*, 17, 89-100.
- Yus Ramos, R. & Rebollo Bueno, M. (1993). Aproximación a los problemas de aprendizaje de la estructura y formación del suelo en el alumnado de 12 a 17 años. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 11(3), 265-280.