



Modelos mentales de los estudiantes de secundaria sobre el suelo

Secondary students' mental models about the soil

Adriana Fernández, Vanessa Sesto, Isabel García-Rodeja

Departamento de Didácticas Aplicadas, Universidade de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, A Coruña, España.

adriana.fernandez@rai.usc.es, vanessa.sesto@usc.es, isabel.garcia-rodeja@usc.es

RESUMEN • En este trabajo se presenta un estudio de caso cuyo propósito fue investigar las concepciones alternativas y los modelos mentales de los estudiantes sobre el suelo. Los participantes fueron 48 estudiantes de 4.º de educación secundaria obligatoria. Los datos fueron recogidos mediante un cuestionario de preguntas abiertas centradas en el origen del suelo, su edad, constituyentes y cambios que podría experimentar. De un análisis inductivo de las explicaciones de los participantes se identificaron las concepciones y los modelos mentales. Los resultados indican que este grupo de estudiantes presenta tres tipos de modelos acerca del suelo: suelo primigenio, suelo geológico y suelo ecológico relacionado con el ciclo de la materia.

PALABRAS CLAVE: modelos mentales; concepciones alternativas; suelo; educación secundaria; estudio de caso.

ABSTRACT • This paper presents a case study whose purpose was to investigate the alternative conceptions and the students' mental models about the soil. The participants were 48 students of 10th grade. Data were collected by an open-ended questionnaire focused on the soil origin, age, constituents and changes which it could undergo. From an inductive analysis of the participants' explanations, the conceptions and the mental models were identified. The results indicate that this group of students presents three types of models about the soil: primeval soil, geological soil and ecologic soil related with the cycle of matter.

KEYWORDS: mental models; alternative conceptions; soil; secondary school; case study.

Recepción: octubre 2016 • Aceptación: marzo 2017 • Publicación: junio 2017

Fernández, A., Sesto, V., García-Rodeja, I., (2017). Modelos mentales de los estudiantes de secundaria sobre el suelo. *Enseñanza de las Ciencias*, 35.2, pp. 127-145

INTRODUCCIÓN

El mundo actual y futuro demanda un mayor entendimiento de la Ciencia del Suelo (Hopmans, 2007). El uso sostenible del suelo es cada vez más un desafío comparable y muy relacionado con problemas como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad.

Como señala la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA-PNUMA, 2002) la continua degradación y desertización del suelo demandan una sociedad que cuente con individuos que tengan experiencia en el uso sostenible del suelo. Para ello se precisa formar a los estudiantes sobre cuestiones básicas para una buena gestión del suelo, y para que entiendan este como un recurso no renovable con múltiples funciones sistémicas entre las que se podrían citar la producción de biomasa, la regulación hidrológica o la fijación de gases de efecto invernadero, entre otras. Sin embargo, son pocos los trabajos que tratan el tema del suelo desde el punto de vista didáctico. Incluso revisando publicaciones de revistas especializadas en aspectos didácticos de las Ciencias de la Tierra, se encontraron escasos estudios que se centren en el suelo, mientras que sí son habituales las investigaciones que tratan desde el punto de vista didáctico otros contenidos como los meteoritos, los terremotos, los volcanes, los fósiles o la deriva continental (véase por ejemplo, Gobert, 2000; Libarkin, Beilfuss y Kurdziel, 2003).

El interés en las concepciones alternativas que los estudiantes traen consigo al aula y su influencia en el aprendizaje de conceptos científicos ha sido notable en las últimas décadas, lo que ha dado lugar a numerosas investigaciones (véase por ejemplo, Duit, 2009). Pedrinaci (1996) hacía referencia a la necesidad de diferenciar entre la diversidad de ideas de los estudiantes, que van desde ideas inducidas por un inadecuado tratamiento escolar hasta otras que constituyen verdaderos obstáculos epistemológicos, y desde nociones aisladas hasta nociones relacionadas que pueden funcionar como teorías o modelos implícitos. Las ideas alternativas pueden así estructurarse en modelos personales de pensamiento, modelos explicativos alternativos o modelos mentales (Gilbert y Boulter, 2000; Justi, 2006), los cuales son percibidos por los individuos como consistentes, incluso en aquellos casos en los que estos modelos son claramente incompletos o contradicen los modelos de la ciencia escolar (García-Rodeja y Lima, 2012; Reinfried y Tempelmann, 2014). Mientras las ideas alternativas se pueden concebir como ideas más o menos estáticas y aisladas, los modelos mentales estarían constituidos por una estructura de creencias e imágenes que, además, es generativa, es decir, permite a los individuos integrar nueva información, hacer predicciones, explicar fenómenos y generar nuevos conocimientos (Greca y Moreira, 2000). Estas nuevas ideas que pueden ser generadas por medio de los modelos, a veces, se alejan también de las ideas de la ciencia escolar. Por tanto, se puede asumir que la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias es un proceso de modelización durante el cual se produce la progresión de los modelos iniciales de los estudiantes hacia los modelos de la ciencia escolar (Márquez, Izquierdo y Espinet, 2006). Según Gutiérrez (1994), los estudiantes modificarán sus modelos cuando estos incumplan los criterios de consistencia, robustez y correspondencia. Se dice que un modelo es consistente cuando carece de contradicciones internas, es robusto si puede utilizarse en situaciones no previstas durante su construcción y es correspondiente cuando describe con fidelidad el comportamiento del sistema (Gutiérrez, 1994).

En este artículo se presenta un estudio de caso sobre una serie de tareas con la intención de identificar los modelos mentales acerca del suelo que poseen un grupo de estudiantes de 4.º de educación secundaria obligatoria (ESO). El interés de este trabajo reside en que, pese a la relevancia que tiene el concepto de suelo en la formación científica de los estudiantes, son escasas las investigaciones referidas al aprendizaje y enseñanza sobre temas relacionados con la Ciencia del Suelo. Por ello resulta fundamental ampliar el conocimiento que se posee acerca de los modelos de pensamiento de los estudiantes para crear en el aula contextos que sean significativos tanto científica como social y personalmente, de manera que el profesorado pueda ayudar al alumnado a que evalúe sus modelos mentales, y que estos

vayan evolucionando hacia los modelos de la ciencia escolar. Por tanto, la pregunta que nos planteamos en este estudio es: ¿Qué modelos mentales sobre el suelo posee un grupo de estudiantes de 4.º de ESO?

PERCEPCIONES DE LOS ESTUDIANTES SOBRE EL SUELO

Uno de los primeros trabajos sobre las ideas alternativas de los estudiantes sobre cuestiones relacionadas con el suelo es el estudio de Happs (1981) realizado en Nueva Zelanda. Por medio de entrevistas y cuestionarios, este autor les planteó a los estudiantes un conjunto de preguntas, entre las que figuraban algunas referidas al origen del suelo, cuántos años y qué profundidad tienen los suelos y qué cambios pueden experimentar. Happs (1981) encontró que algunos estudiantes de secundaria entendían el suelo únicamente como la superficie que se pisa, y que una elevada proporción del alumnado exhibía la idea de los suelos como una superficie inerte que se había formado cuando se formó la Tierra. Además, Happs (1981) contrastó la visión de los estudiantes con la visión científica, llegando a la conclusión de que las ideas de los estudiantes estaban muy alejadas de las ideas que compartía la comunidad científica en esta materia.

En un trabajo posterior de Yus y Rebollo (1993) con estudiantes españoles se corroboraron las conclusiones a las que había llegado Happs (1981) en su momento. Empleando como instrumento para la recogida de datos un cuestionario de trece preguntas, Yus y Rebollo (1993) intentaron comprender los problemas de aprendizaje sobre el concepto de suelo de 294 estudiantes con edades comprendidas entre los 12 y los 16 años. En este trabajo se señala que los estudiantes manifestaron dificultades en la comprensión del concepto científico de *suelo*, algunas de ellas derivadas de la polisemia de este término en la lengua castellana. Estos autores también recogieron las ideas que poseía el alumnado acerca de los aspectos estructurales del suelo y establecieron tres grupos conceptuales en función de las representaciones de los estudiantes. El primero lo constituían aquellas representaciones en las que el suelo era concebido como una superficie inerte sobre la que construir o desplazarse. En el segundo se situaban aquellas respuestas en las que el suelo era interpretado como el resultado de la sedimentación de productos de diversa naturaleza. En el tercer y último grupo figuraban aquellas representaciones en las que el suelo era considerado el resultado de la erosión o alteración de las rocas en la que no intervenían para nada los procesos químicos. Sónora, García-Rodeja y Brañas (2001), en un trabajo con alumnado de secundaria, encontraron también que muchos estudiantes entendían el proceso de formación del suelo como un proceso de sedimentación.

Rebollo, Prieto y Brero (2005) analizaron las explicaciones ofrecidas por los estudiantes sobre el suelo y las compararon con la epistemología de las ideas edafológicas a lo largo de la historia. De esta comparación Rebollo *et al.* (2005) concluyeron que las explicaciones de los estudiantes se correspondían con las primeras fases de la evolución de la ciencia, pues el suelo fue concebido por el alumnado como un mero soporte para la vida. En cambio, en otros estudios como el de Ibarra, Carrasquer y Gil (2010) se señaló que algunos estudiantes pueden identificar el suelo como un ser vivo que *se alimenta* de todos los productos liberados durante la descomposición de materia orgánica.

La noción de suelo como superficie sobre la que pisar o sostén de las construcciones también fue encontrada en investigaciones más recientes, como la de Reyes-Sánchez (2012), en la que se investigaron las concepciones sobre el suelo de estudiantes de los dos últimos cursos de educación primaria de México.

En otros trabajos también se describe la dificultad que tiene el alumnado para la comprensión del tiempo geológico (Álvarez y García, 1996; Libarkin, Anderson, Beilfuss y Boone, 2005; Ruíz y Pedrinaci, 1994). En estos trabajos se señala que el no contar con una referencia acerca de la antigüedad de la Tierra y de la duración de los principales periodos geológicos hace más difícil que los estudiantes se apropien del significado del tiempo geológico, y esto lleva a que, dada la lentitud con la que transcurren los cambios originados por los procesos geológicos, los estudiantes adopten una visión estática a

través de la cual piensen que los suelos siempre estuvieron ahí o que son tan antiguos como la Tierra (Ruíz y Pedrinaci, 1994). Además, por lo general, los estudiantes no establecen relaciones causales entre el suelo, el clima y los organismos (Martínez-Peña y Gil-Quílez, 2014).

METODOLOGÍA

En este estudio se ha empleado un enfoque metodológico de tipo cualitativo y, en concreto, constituye un estudio de caso (Yin, 2003), pues se realiza sobre una realidad singular, única e irrepetible, con la intención de describir, conocer y comprender en profundidad el comportamiento de dicho caso en su propio contexto (Martínez, 2007).

Participantes y contexto

Los participantes en este estudio fueron 48 estudiantes de 4.º de ESO (15-16 años), 22 alumnos y 26 alumnas, que se encontraban cursando la asignatura de Biología y Geología de carácter optativo.


En el momento en que se administró entre los participantes el cuestionario empleado como instrumento para la toma de datos, que será descrito de forma más detallada en el apartado posterior, el profesor encargado de impartir la materia de Biología y Geología en el centro ya había implementado en el aula una unidad didáctica centrada en los cambios en los ecosistemas. Únicamente había quedado sin tratar el contenido del suelo como ecosistema, con la intención de que la investigadora pudiera evaluar las ideas alternativas y los modelos que los estudiantes poseían sobre el suelo.

En el Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria, vigente en el momento en que se realizó la investigación, se hacía referencia explícita al concepto del suelo en la asignatura de Biología y Geología del 4.º curso de la ESO (MEC, 2007). En concreto, en el bloque 4, denominado «Las transformaciones en los ecosistemas», se incluían como contenidos la formación y la destrucción de suelos, contenidos que, como ya se ha mencionado, fueron tratados con posterioridad al cumplimiento del cuestionario. No obstante, hemos de tener en cuenta que los estudiantes ya habían tenido la oportunidad de tratar el tema del suelo bajo una perspectiva ecológica en la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de 2.º de la ESO, al abordarse el contenido referido al conocimiento de los ecosistemas. Además, los participantes estudiaron el suelo desde una perspectiva geológica en la materia de Biología y Geología de 3.º de la ESO, ya que en el bloque 7, denominado «Transformaciones geológicas debidas a la energía externa», se abordaron los procesos de erosión, sedimentación y meteorización.

Obtención de datos

Para conseguir hacer aflorar las ideas previas del alumnado y sus modelos mentales sobre el suelo se diseñó un cuestionario de cinco preguntas abiertas, al que los estudiantes respondieron de forma individual. En la tabla 1 se presentan las preguntas del cuestionario.

Tabla 1.
Preguntas del cuestionario

1.	Este año fue fijado por la Organización de las Naciones Unidas como el año internacional de los suelos. ¿Por qué crees que el suelo es tan importante como para dedicarle un año especial?
2.	Puesto que hemos comentado que estamos en el año de los suelos, sería interesante pensar qué entendemos por <i>suelo</i> cuando escuchamos esta palabra. a) ¿Qué es para ti el suelo? b) ¿De qué crees que está formado?
3.	¿Cuál crees que es el origen del suelo?
4.	¿Qué edad crees que tendrá un suelo gallego como el de la imagen? 
5.	¿Cuáles son los cambios que consideras que pueden experimentar los suelos?

La recogida de datos se efectuó durante el mes de abril de 2015, coincidiendo con el tercer trimestre del curso escolar. Para el cumplimentado de los cuestionarios los estudiantes dispusieron de una sesión de 50 minutos de duración. En el aula en la que se efectuó la toma de datos, además de los participantes en el estudio, se encontraba la investigadora, cuya intervención se limitó a explicar en qué consistía la tarea y a responder aquellas dudas que pudiesen surgir en relación con el desarrollo de la actividad. En ningún momento la investigadora interfirió en las respuestas de los estudiantes.

Análisis de datos

El análisis de datos de carácter cualitativo se desarrolló en dos etapas. Durante la primera, se leyeron varias veces todas las respuestas a cada una de las preguntas del cuestionario y, mediante un proceso inductivo e iterativo, emergieron categorías que describen las ideas clave o elementos explicativos que fueron surgiendo de la interpretación de las respuestas. Con el término *elemento explicativo* nos referimos a las ideas centrales o clave de una categoría (Fisher, 1998). Las categorías emergentes no son categorías excluyentes, pues cabe la posibilidad de que una misma respuesta se pueda encajar en varias categorías. Para dar validez y fiabilidad al estudio, las respuestas a cada pregunta del cuestionario fueron codificadas de forma independiente por al menos dos de las investigadoras. En aquellos casos en los que hubo discrepancia, se inició una discusión entre las investigadoras hasta alcanzarse un acuerdo.

En la segunda etapa del análisis, se identificaron los modelos mentales que el alumnado posee sobre el suelo. Para ello, se efectuó un análisis global de cada cuestionario individual, para agrupar las ideas alternativas de cada estudiante en constructos más amplios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la descripción de los resultados, en primer lugar, se presentan las categorías derivadas del análisis de todas las respuestas a cada una de las preguntas del cuestionario y se proporciona un referente a la pregunta desde un punto de vista científico con la finalidad de apoyar la discusión de los resultados. Junto a cada categoría se indica la frecuencia, que representa el número de veces que se menciona un elemento explicativo de cada categoría, así como un código que hace referencia a los estudiantes cuyas respuestas se encuadraron en dicha categoría. En relación con la frecuencia, cabe mencionar que algunos participantes hacen referencia a más de un elemento explicativo en sus respuestas, de manera que, para cada una de las preguntas, el número de elementos explicativos puede ser superior al número de estudiantes. Por otro lado, señalar que durante la discusión de los resultados, algunas categorías se ilustran con las producciones escritas de los estudiantes. En segundo lugar, se describen los modelos mentales que los estudiantes exhiben sobre el suelo.

Concepciones de los estudiantes sobre el suelo

Pregunta 1: ¿Por qué crees que el suelo es tan importante como para dedicarle un año especial?

Hoy en día se considera que el suelo desempeña una función fundamental en el medio ambiente ya que produce el 90 % de los alimentos humanos, forraje, fibras y combustible. Además, se calcula que casi una cuarta parte de los seres vivos conocidos se encuentran en el suelo, de los cuales la mayor parte son microorganismos, y muchos de ellos contribuyen a la descomposición y reciclaje de la materia. Por otro lado, el suelo constituye la dimensión espacial de los asentamientos humanos (viviendas, infraestructuras, etc.). Un aspecto también de gran relevancia es que es uno de los elementos que configuran el paisaje. Dependiendo del tipo de suelo tendremos un tipo de vegetación, una flora y fauna determinada, todo ello configurando paisajes diversos. Además, el suelo cumple importantes funciones en la regulación de los sistemas hidrológicos y actúa como filtro de agentes contaminantes (AEMA-PNUMA, 2002).

Como se observa en la tabla 2, en las respuestas a la pregunta de por qué es importante el suelo, un 31 % de los estudiantes hacen referencia al suelo como sostén o superficie sobre la que pisar. Esta idea ya ha sido descrita en otros trabajos previos como el de Happs (1981) y Yus y Rebollo (1993). Por ejemplo, un estudiante escribió: «Creo que es importante porque es lo que utilizamos para pisar pero además nos proporciona diversos productos como pueden ser ciertos alimentos» (E16).

Además, pese a que un 25 % de los estudiantes reconocen que el suelo es importante para la vida, prácticamente ninguno de ellos llega a concretar esta importancia citando funciones específicas, como por ejemplo la de preservar la biodiversidad del planeta o la de actuar como filtro para la contaminación. Para muchos de los estudiantes (un 48 %) la función del suelo que más se menciona es la de proveedor de alimentos y recursos para el ser humano. Solamente un estudiante llega a mencionar la importancia del suelo en la regulación del ciclo hidrológico.

Tabla 2.
Categorías y frecuencia de estudiantes que hacen mención
a los diferentes elementos explicativos en las respuestas a la pregunta:
¿Por qué crees que el suelo es tan importante como para dedicarle un año especial? (N = 48)

<i>Categorías</i>	<i>Estudiante</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Se hace referencia a la idea de suelo primigenio	33	1	2 %
Se hace referencia al suelo como superficie que pisamos o sostén	1, 2, 4, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 25, 27, 35, 41, 42, 46	15	31 %
Se hace referencia al suelo como soporte para las plantas	1, 2, 20, 41, 47	5	10 %
Se hace referencia al suelo como alimento para las plantas	19, 28, 33	3	6 %
Se hace referencia al suelo como hábitat para los seres vivos	1, 22, 24, 30	4	8 %
Se hace referencia al suelo como proveedor de alimentos y recursos para el ser humano	3, 5, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 26, 31, 33, 34, 35, 37, 39, 43, 45, 48	23	48 %
Se hace referencia al suelo como proveedor de nutrientes y/o sales minerales para las plantas	22, 24, 29	3	6 %
Se hace referencia al suelo como el origen de la vida	14, 24, 29, 44	4	8 %
Se hace referencia a la importancia del suelo para la vida	4, 6, 7, 8, 11, 22, 23, 24, 28, 32, 36, 38	12	25 %
Se hace referencia a la transformación de la materia	31, 40	2	4 %
Se hace referencia a la importancia del suelo en la regulación del ciclo hidrológico	43	1	2 %

Pregunta 2A: ¿Qué es para ti el suelo?

Como señalan Domínguez, Rodríguez y Negrín (2005), las definiciones del suelo podrían vincularse a lo que interese explorar. Así, para un geólogo es el resultado de la alteración superficial de la roca, para un edafólogo es un cuerpo natural formado por horizontes compuestos por roca alterada, materia orgánica y materiales en formación y para un agrónomo es una cubierta no consolidada de la Tierra formada por componentes minerales y orgánicos, agua y aire, capaz de sostener el crecimiento de las plantas. Brero, Blanco, Prieto y González (2001) señalan que desde el punto de vista de la ciencia escolar se hace referencia habitualmente a una delgada capa superficial constituida por trozos de roca, minerales y humus, que contiene aire y agua, y que alberga poblaciones de microorganismos, de animales pequeños y plantas, en interacción con los materiales inorgánicos. Para Williams y Brown (2011) el suelo es un recurso natural de naturaleza dinámica que contiene y sostiene la vida. Por otro lado, la AEMA-PNUMA (2002) define el suelo haciendo referencia a su extensa variedad de funciones ecológicas y socioeconómicas, considerándolo un medio complejo formado por una matriz porosa en la que el aire, el agua y la biota actúan conjuntamente con los flujos de sustancias y líquidos que existen entre estos elementos, mencionando además que las alteraciones de los procesos edáficos producen cambios en los funcionamientos de los ecosistemas y haciendo referencia a que muchos problemas medioambientales que cobran visibilidad en otros medios se originan precisamente en el suelo.

En el análisis de las respuestas de los estudiantes a la pregunta de qué entendían por suelo, se han generado once categorías (tabla 3), de las cuales cinco coinciden con las categorías obtenidas al analizar

las respuestas del alumnado a la primera pregunta del cuestionario referida a la importancia del suelo. Esta coincidencia es fruto de que los estudiantes, en general, tienden a mencionar las mismas ideas en sus respuestas.

Tabla 3.
Categorías y frecuencia de estudiantes que hacen mención a los diferentes elementos explicativos en las respuestas a la pregunta: ¿Qué es para ti el suelo? (N = 48)

<i>Categorías</i>	<i>Estudiante</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Se hace referencia a la idea de suelo primigenio	43	1	2 %
Se hace referencia al suelo como superficie que pisamos o sostén	1, 3, 4, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 25, 27, 28, 33, 37, 38, 39, 42, 44, 45, 46, 48	23	48 %
Se hace referencia al suelo como soporte para las plantas	20, 34	2	4 %
Se hace referencia a que el suelo es una capa de la Tierra	4, 8, 11, 12, 13, 15, 21, 24, 26, 31, 35.	11	23 %
Se hace referencia a que el suelo es la acumulación de sedimentos	29	1	2 %
Se hace referencia a que el suelo es tierra	6, 7, 16, 17, 18, 20, 30, 32, 34	9	19 %
Se hace referencia a que el suelo son capas de tierra (horizontes)	5, 22, 23, 28, 47	5	8 %
Se hace referencia al suelo como proveedor de alimentos y recursos para el ser humano	7, 13	2	4 %
Se hace referencia a la importancia del suelo para la vida	5	1	2 %
Otras	36	1	2 %
No sabe / no contesta	2, 10, 19, 40, 41	5	10 %

Como se puede ver en la tabla 3, la acepción vulgar de suelo como superficie que pisamos o sostén aparece en las respuestas de un 48 % de los estudiantes. Se han encontrado ideas similares en el estudio de Reyes-Sánchez (2012) y en el de Yus y Rebollo (1993). El lenguaje científico emplea a menudo términos tomados del lenguaje cotidiano, junto con las asociaciones que se hacen de ellos, lo que puede alterar la comprensión de ciertos conceptos de la ciencia. Un 23 % de los estudiantes hacen mención al suelo como una capa de la Tierra, que en la mayoría de los casos se corresponde con la corteza terrestre, aunque algún estudiante lo identifica con capas terrestres más internas como el manto, puesto que hace mención a que llega hasta el núcleo de la Tierra. La producción escrita del estudiante 15 refleja este último caso: «El espacio entre el núcleo de la Tierra y la superficie terrestre que pisamos nosotros» (E15).

Un 19 % de los estudiantes señalan que el suelo es tierra. La utilización del término *tierra* para designar al suelo natural es una idea ya expuesta en otros estudios previos como el de Yus y Rebollo (1993). Además, como se muestra en la tabla 3, un 8 % de los participantes hacen referencia al suelo como capas de tierra, por lo que es probable que estos estudiantes ya conozcan que la estructura vertical del suelo está compuesta por horizontes.

Pregunta 2B: ¿De qué crees que está formado?

En esta pregunta se pretende que los estudiantes hagan explícitas sus ideas sobre los componentes del suelo. Se trata de ver si incluyen elementos como la roca alterada, arena, arcillas, materia orgánica en descomposición (humus), minerales, seres vivos, aire y agua.

En la tabla 4 se presentan las categorías derivadas del análisis de las respuestas relativas a la composición del suelo. El 42 % de los estudiantes hacen mención a la tierra y el 38 % a las rocas. Solamente tres estudiantes mencionan de forma explícita otros de los materiales inorgánicos que constituyen la fase sólida del suelo como la arcilla o la arena. Un 10 % de los participantes hacen referencia a los sedimentos, lo que hace suponer que estos estudiantes conciben la formación del suelo como un proceso alóctono en el que los materiales son transportados por los agentes geológicos desde otro lugar.

Tabla 4.

Categorías y frecuencia de estudiantes que hacen mención a los diferentes elementos explicativos en las respuestas a la pregunta: ¿De qué crees que está formado? (N = 48)

<i>Categorías</i>	<i>Estudiante</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Materiales	4, 8, 22	3	6 %
Rocas	2, 3, 14, 18, 19, 23, 27, 29, 31, 32, 33, 35, 37, 42, 44, 45, 46, 48	18	38 %
Piedras	4, 25, 38, 43	4	8 %
Arena	30, 44	2	4 %
Arcilla	31	1	2 %
Cemento	18, 33	2	4 %
Sedimentos	6, 9, 14, 26, 32	5	10 %
Tierra	1, 2, 4, 7, 14, 16, 22, 25, 30, 32, 34, 35, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45, 48	20	42 %
Materia inorgánica	5, 24, 36, 40	4	8 %
Minerales	11, 12, 16, 28, 39	5	10 %
Sales minerales	1, 19, 23, 28, 40, 45	6	13 %
Agua	14, 28, 40, 45	4	8 %
Materia orgánica	5, 24, 36, 40, 41	5	10 %
Materia (restos de animales y/o plantas) en descomposición	13, 29, 35	3	6 %
Humus	19	1	2 %
Hierba	18, 19	2	4 %
Organismos / microorganismos	21, 31	2	4 %
Seres vivos	22, 23, 40	3	6 %
No sabe / no contesta	10, 20, 47	3	6 %

Solamente un 10 % de los estudiantes mencionan la materia orgánica y un 6 % hacen referencia a la materia en descomposición. El escaso número de estudiantes que incluyen la materia orgánica, los materiales en descomposición, el humus, los seres vivos o los microorganismos puede ser reflejo de las dificultades de los estudiantes para entender el suelo como un medio donde se producen múltiples interacciones y procesos físicos, químicos y biológicos, frente a una visión mayoritaria del suelo como algo inerte o donde únicamente tienen lugar procesos de cambio de naturaleza física.

Pregunta 3: ¿Cuál crees que es el origen del suelo?

Desde el punto de vista científico, el suelo es el resultado de la interacción entre distintos factores del ambiente (Happs, 1981). Entre estos factores se encuentran el clima, los organismos, el relieve, el tiempo y el sustrato o material parental (Núñez, 1981). En función de las características del proceso que dio origen al suelo se distinguen diferentes tipos. Se dice que un suelo es autóctono cuando se ha formado in situ como resultado de la alteración de la roca madre que existe debajo de él. En este caso particular, durante la primera etapa de formación del suelo, la roca madre sufre una meteorización física y química debido a la acción de una serie de agentes externos como el agua o el viento. Después de esta meteorización inicial, sobre la roca madre fragmentada y alterada se asientan los primeros organismos vivos, entre ellos líquenes, los cuales inician una meteorización biológica. Esos organismos también contribuyen a la formación del suelo añadiendo más materia orgánica y desintegrándolo. Conforme este proceso prosigue, el suelo va adquiriendo un mayor espesor y sustentando cada vez más vegetación. Por el contrario, se habla de suelos alóctonos cuando estos fueron formados a partir de materiales procedentes de lugares separados del lugar de formación.

Como se puede ver en la tabla 5, el 23 % de los estudiantes hacen referencia a la idea de suelo primigenio. Al igual que ocurría en el estudio de Happs (1981), estos estudiantes sitúan el origen del suelo en el origen de la Tierra. Desde esta perspectiva el suelo existió desde siempre. Algunos ejemplos de respuestas escritas que se situarían en esta categoría son: «Desde la creación del planeta hay suelo» (E15). «El origen fue cuando se originó la Tierra» (E26).

Tabla 5.

Categorías y frecuencia de estudiantes que hacen mención a los diferentes elementos explicativos en las respuestas a la pregunta: ¿Cuál crees que es el origen del suelo? (N = 48)

<i>Categorías</i>	<i>Estudiante</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Se hace referencia al origen volcánico, solidificación de lava y/o fusión de materiales	4, 9, 10, 16, 17, 18, 22, 24	8	17 %
Se hace referencia al Big-Bang o al origen de la Tierra	7, 8, 15, 26, 27, 28, 31, 37, 38, 43, 44	11	23 %
Se hace referencia a que se origina a partir de rocas	2, 3, 11, 14, 21	5	10 %
Se hace referencia a que se origina a partir de erosión o destrucción de rocas	5, 8, 12, 23, 25, 29, 42, 45, 46	9	19 %
Se hace referencia a que se origina por procesos de sedimentación	3, 19, 20, 23, 30, 32, 47, 48	8	17 %
Se hace referencia a que se origina por procesos de descomposición de restos orgánicos	13, 19, 21, 24, 36	5	10 %
Se hace referencia a que se origina por procesos en los que intervienen bacterias	35	1	2 %
Otras	34	1	2 %
No sabe / no contesta	1, 6, 33, 39, 40, 41	6	13 %

En el trabajo de Happs (1981) también se encontraron, al igual que en este estudio, respuestas relacionadas con la descomposición de vegetales y animales (10 %) o con la actividad volcánica (17 %), revelándose en este último caso una cierta propensión al catastrofismo. Por ejemplo, algunas estudiantes escribieron lo siguiente: «El origen del suelo creo que fue la segregación de restos de animales y vegetaciones» (E13). «Gracias al enfriamiento de la lava del interior de la Tierra» (E4).

Además, un 19 % de los participantes hacen referencia a los procesos de erosión y destrucción de rocas. Ciertos estudiantes consideran el origen del suelo como un proceso alóctono, consistente en la sedimentación de materiales que son transportados por los agentes geológicos (Rebollo *et al.*, 2005). En cambio, algunos de los estudiantes que mencionan la erosión como el origen del suelo pueden entender esta como una alteración de las rocas que tiene lugar *in situ*. En cualquier caso, al igual que ocurría en el estudio de Yus y Rebollo (1993), consideran que intervienen exclusivamente procesos físicos o mecánicos. En ningún caso se llega a hacer referencia a procesos de naturaleza química.

Pregunta 4: ¿Qué edad crees que tendrá un suelo gallego como el de la imagen?

Con esta pregunta se pretende que los estudiantes expresen sus ideas sobre la edad aproximada de los suelos, ya que entender el tiempo de formación de un suelo nos acerca a la idea más amplia del suelo como un recurso natural no renovable e indispensable para la vida. En la tabla 6 se presenta la categorización establecida en relación con la edad del suelo.

Tabla 6.

Categorías y frecuencia de estudiantes que hacen mención a los diferentes elementos explicativos en las respuestas a la pregunta: ¿Qué edad crees que tendrá un suelo como el de la imagen? (N = 48)

<i>Categorías</i>	<i>Estudiante</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Desde la formación de la Tierra, desde que Galicia existe	31, 43, 44, 46	4	8 %
Muchos años, parece viejo, bastante antiguo	5, 18, 24, 28, 41, 47, 48	7	15 %
Millones de años	3, 7, 8, 20, 22, 26, 27, 34, 35, 36, 42, 45	12	25 %
Miles de años	6, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 25, 30, 32, 37, 38, 39, 40	16	33 %
Cientos de años	12	1	2 %
Menor de cien años	2, 9	2	4 %
No sabe / no contesta	1, 4, 19, 23, 29, 33	6	13 %

Desde el punto de vista de la ciencia, diferentes suelos presentan distintas edades, y algunos incluso pueden rejuvenecer mediante la adición de nuevos depósitos (Happs, 1981). Sin embargo, al igual que en los trabajos de Happs (1981) y Yus y Rebollo (1993), en el presente estudio se encontró que algunos estudiantes (un 8 %) atribuyen a los suelos la misma edad que la Tierra. Un 25 % de los participantes señalan que la edad del suelo es de millones de años, lo que también se podría relacionar con la idea de suelo primigenio. El hecho de que los estudiantes atribuyan a los suelos la misma edad que la Tierra se relaciona con la perspectiva estática de los procesos geológicos y el origen de las rocas (Rebollo *et al.*, 2005). Sin embargo, el porcentaje más alto de menciones (un 33 % de estudiantes) se corresponde con la categoría *miles de años*, que sería aceptada desde el punto de vista científico en este caso. El suelo gallego que se mostraba en la imagen que acompañaba a esta pregunta en el cuestionario se trataba de un suelo tipo cambisol, con una edad comprendida entre los 1.000 y 3.000 años.

Pregunta 5: ¿Cuáles son los cambios que consideras que pueden experimentar los suelos?

Desde el punto de vista científico y como ya se ha mencionado en reiteradas ocasiones, el suelo presenta una naturaleza dinámica, pues está sometido a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que son los responsables de que se encuentre en constante evolución (Happs, 1981).

En la tabla 7 se presenta la categorización establecida en relación con los cambios que puede experimentar el suelo. Entre las respuestas del alumnado se encontró que algunos estudiantes hacen referencia a cambios en los suelos relacionados con modificaciones en sus características o en sus propiedades. Por ejemplo, un 8 % de los estudiantes hacen referencia a cambios en la fertilidad y un 15 % mencionan variaciones en la humedad o en la cantidad de agua. «El agua que puede encharcarse y aparecer, las rocas que pueden sufrir cambios...» (E45). «Pueden sufrir cambios como pasar de ser fértil a infértil» (E49).

Tabla 7.

Categorías y frecuencia de estudiantes que hacen mención a los diferentes elementos explicativos en las respuestas a la pregunta: ¿Cuáles son los cambios que consideras que pueden experimentar los suelos? (N = 48)

<i>Categorías</i>	<i>Estudiante</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Cambios por la tectónica de placas	10, 11, 18	3	6 %
Cambios por procesos de erosión	5, 8, 13, 14, 15, 18, 23, 24, 27, 29, 36, 38	12	25 %
Cambios por procesos de sedimentación	6, 13, 14, 15	4	8 %
Cambios en la fertilidad	4, 12, 19, 37	4	8 %
Cambios en la cantidad de rocas	2, 4	2	4 %
Cambios de volumen	2	1	2 %
Cambios de textura	1, 22, 39	3	6 %
Cambios de color	6, 22	2	4 %
Cambios de composición	24, 47	2	4 %
Cambios por el agua	7, 22, 30, 31, 45, 46, 48	7	15 %
Sequía	20, 44	2	4 %
Cambios por la acción del viento	30, 31, 42	3	6 %
Cambios por el clima	26, 31, 32, 34	4	4 %
Cambios por la acción de plantas y/o animales	2, 5, 21, 30, 31, 48	6	13 %
Cambios por los incendios	18	1	2 %
Cambios por procesos de desertización	21	1	2 %
Cambios por procesos de contaminación	28	1	2 %
Alteraciones antrópicas	8, 15, 18, 26, 27, 30, 31, 32, 48	9	19 %
Alteraciones por impermeabilización del suelo o construcciones	30	1	2 %
Otras	9, 16, 17, 25, 40, 41, 43	7	15 %
No sabe / no contesta	3, 33, 35	3	6 %

Modelos mentales

Del análisis global de cada cuestionario individual se ha encontrado que este grupo de estudiantes presenta tres modelos mentales sobre el suelo, los cuales se describen a continuación:

Modelo de suelo *primigenio*. Para casi la mitad de los estudiantes no hay que explicar la formación del suelo porque este se formó cuando se formó la Tierra. Es la idea de suelo primigenio, detectada en otros trabajos como ya se comentó (véase por ejemplo, Happs, 1981). Esta idea principal que hemos considerado que define el modelo 1 puede estar acompañada de la idea de suelo como algo inerte, una superficie que pisamos o que cumple la función de ser un simple soporte para las plantas. En general los estudiantes que presentan este modelo mencionan que el suelo está formado por rocas, piedras o tierra. Al preguntarles por los cambios que se pueden producir en el suelo mencionan fundamentalmente cambios que se pueden deber a movimientos en las placas tectónicas, a la degradación del suelo por causas naturales o a las alteraciones antrópicas.

Modelo de suelo *geológico* (procesos físicos). Para otros estudiantes el suelo tiene una formación más reciente y aluden para explicar la formación a los términos de erosión y sedimentación. La idea clave que define este modelo es un suelo que se forma por alteraciones de las rocas sin intervenir para nada los seres vivos y la materia orgánica. En principio podríamos pensar que los estudiantes que utilizan estos términos están haciendo referencia a que los suelos tienen únicamente un origen alóctono. Sin embargo, cuando hablan de erosión a veces hacen referencia a la erosión de la roca, por lo tanto, podrían estar pensando en alteraciones in situ de la roca madre. Muchos en cambio consideran que el suelo se forma por un proceso de sedimentación de materiales alóctonos. En cualquiera caso, la mayoría de los estudiantes clasificados dentro de este modelo consideran que los materiales del suelo son rocas y minerales, sin que intervengan los seres vivos y la materia orgánica. Una función importante del suelo es que sea soporte para las plantas.

Modelo de suelo *ecológico* (relacionado con los ciclos de la materia). Otros estudiantes muestran un modelo de suelo más cercano a una visión ecológica de este y más relacionado con los ciclos bio-geoquímicos, donde ya se establecen relaciones entre la materia orgánica y la materia inorgánica, o mencionan los restos orgánicos o el papel de los seres vivos en los procesos edáficos. En este modelo, más acorde con el ciclo de la materia, algunos estudiantes expresan que el origen del suelo tiene que ver con la descomposición de organismos.

En la tabla 8 se muestran las respuestas de los participantes 27, 47 y 24 como ejemplos de los modelos de suelo primigenio, geológico y ecológico, respectivamente.

Tabla 8.
 Respuestas de los estudiantes como ejemplos de los modelos
 de suelo primigenio (n.º 27), geológico (n.º 47) y ecológico (n.º 24)

Nº	<i>Pregunta 1:</i> ¿Por qué crees que el suelo es tan importante como para dedicarle un año especial?	<i>Pregunta 2:</i> ¿Qué es para ti el suelo? ¿De qué crees que está formado?	<i>Pregunta 3:</i> ¿Cuál crees que es el origen del suelo?	<i>Pregunta 5:</i> ¿Cuáles son los cambios que consideras que pueden experimentar los suelos?
27	«Porque son las rocas en las que vivimos».	«El suelo es dónde vivimos y pisamos todos los días, es muy importante. Está formado de rocas y granito».	«Cuando se formó la Tierra».	«Por la erosión, se pueden transformar, o por el desgaste de las rocas por el uso cotidiano por el ser humano».
47	«Sirve para el crecimiento de la vida vegetal».	«Capas sólidas por encima de la roca madre».	«Sedimentación de los restos de las estructuras formadas por los movimientos de las placas, junto con distintos elementos».	«Cambios en la composición o en la densidad».
24	«Porque tiene una gran importancia para el desarrollo de la vida, entre otras cosas proporciona los nutrientes y sales minerales necesarios para las plantas, y es el lugar de residencia de varios organismos».	«El suelo es una capa exterior de la tierra formado tanto por materia inorgánica como orgánica».	«Yo creo que el suelo se originó cuando comenzaron a desintegrarse los restos de seres vivos y se fusionaron con la última capa que existía de cobertura terrestre».	«Los suelos pueden cambiar su composición, ser erosionados y desgastados, fragmentarse, etc.».

Como se puede ver en la tabla 9, el modelo de mayor frecuencia es el de suelo primigenio, representando a un 44 % de los estudiantes. Un 23 % de los participantes se sitúan en el modelo de suelo geológico y un 25 % del alumnado se sitúa en el modelo de suelo ecológico, que sería el más cercano al modelo de suelo de la ciencia escolar. Cuatro estudiantes fueron calificados como no codificables por no ajustarse a las características de ninguno de los modelos inferidos.

Tabla 9.
 Relación de estudiantes (N = 48) asociados a cada modelo sobre el suelo y frecuencia de cada modelo

<i>Modelo</i>	<i>Estudiante</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje (%)</i>
Suelo <i>primigenio</i>	1, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 15, 16, 17, 18, 26, 27, 33, 37, 38, 39, 43, 44, 46	21	44 %
Suelo <i>geológico</i>	6, 9, 12, 14, 20, 25, 32, 42, 45, 47, 48	11	23 %
Suelo <i>ecológico</i>	5, 19, 21, 22, 23, 24, 29, 30, 35, 36, 40, 41	12	25 %
No codificables	13, 28, 31, 34	4	8 %

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

En el modelo escolar de suelo, este es entendido como una capa superficial constituida por trozos de roca, minerales, humus, aire y agua, además de microorganismos, pequeños animales y plantas, los cuales interactúan con los materiales inertes. Se trata de un sistema complejo de estructura dinámica y cambiante debido a las interacciones entre factores climáticos, geológicos, biológicos y físico-químicos

(Brero *et al.*, 2001). Sin embargo, algunos estudiantes poseen un modelo de suelo primigenio e inerte en el que este es interpretado como la superficie sobre la que se pisa o se construyen edificaciones, o bien un modelo de suelo inerte relacionado con la vegetación y/o la producción agrícola de alimentos. Este modelo de suelo como superficie inerte, también encontrado en otros estudios previos (Happs, 1981; Yus y Rebollo, 1993), forma parte del conocimiento cotidiano. Como señala Pedrinaci (1996), la utilización en el ámbito científico de términos como *suelo*, que cuentan con otra acepción en el lenguaje cotidiano, puede tener una influencia negativa sobre las concepciones y los modelos mentales de los estudiantes. Con el objeto de construir un concepto apropiado de suelo y superar la acepción cotidiana que posee este vocablo, Brero *et al.* (2001) sugieren prestar una mayor atención a la identificación de los componentes que integran el suelo. También convendría hacer ver a los estudiantes de forma explícita que el lenguaje de la vida cotidiana y el científico pueden compartir términos, pero que cuando se encuentran en el contexto del aula de ciencias, deben pensar en las acepciones científicas de los vocablos.

Como ya se ha mencionado, desde el punto de vista de la ciencia escolar, el modelo de suelo mantiene que este es un ente dinámico, que se encuentra en continua evolución con el tiempo debido a procesos físicos, químicos y biológicos, y cuyo origen es el resultado de las interacciones entre distintos factores del ambiente. Sin embargo, algunos estudiantes poseen un modelo de suelo geológico en el que su origen se vincula únicamente a los procesos de erosión y sedimentación, es decir, mantienen que los cambios solamente se deben a adiciones o pérdidas de materiales. Por el contrario, aquellos que poseen un modelo de suelo ecológico acorde al ciclo de la materia, sostienen que este se origina como resultado de la descomposición de restos orgánicos.

Además, pese a que según la ciencia los suelos tienen diferentes edades, casi la mitad de los participantes en este estudio (48 %) consideraron que el suelo tiene millones de años, que es bastante antiguo o que existe desde que se formó la Tierra. Estos hallazgos son semejantes a los encontrados por Happs (1981).

Esta dicotomía entre percibir el suelo en términos geológicos o ecológicos quizá pueda atribuirse a la forma en que se presentó a los estudiantes este concepto durante la enseñanza obligatoria. El abordar el concepto de suelo en las clases de ciencias desde diferentes perspectivas no integradas, como en el caso que aquí nos atañe, es una práctica habitual (Aparicio, 2015). Como ya se comentó, desde la perspectiva geológica, el suelo se presenta como una capa de espesor variable que cubre la corteza terrestre. Desde una visión ecológica, el suelo es tratado como una interface conformada por constituyentes de la atmósfera, la hidrosfera, la litosfera y la biosfera. Desde una perspectiva agrobiológica, el suelo es considerado fundamental para la vida al permitir que se recicle la materia en los otros ecosistemas de la Tierra. Para que el modelo simple de suelo primigenio que sostienen la mayor parte de los estudiantes evolucione hacia el modelo de la ciencia escolar, coincidimos con Aparicio (2015) en que sería recomendable tratar el concepto de suelo de un modo holístico en el que se plasmara la conexión entre los aspectos fundamentales de cada perspectiva, en lugar de proporcionar a los estudiantes diferentes visiones del suelo aparentemente desvinculadas y aisladas. En este sentido, la enseñanza de las ciencias basada en la indagación (IBSE, del inglés *Inquiry Based Science Education*), además de favorecer el desarrollo de habilidades relacionadas con la formulación de hipótesis y el diseño de pequeñas investigaciones para comprobar estas hipótesis, permite a los estudiantes alcanzar una mayor comprensión de las características del suelo y de la conexión que existe entre la Ciencia del Suelo y otras ciencias como la Química, la Biología o la Educación Ambiental (Acqua, Pennesi, Stacchiotti y Paris, 2016). Siguiendo esta línea, algunos autores como Brañas, Sónora, Jiménez y García-Rodeja (1998), Brero *et al.* (2001) y Martínez, Gil y de la Gándara (2016) han propuesto secuencias de actividades basadas en la indagación que ayudarían a los estudiantes a construir un modelo más adecuado de suelo. Del mismo modo, una enseñanza basada en la modelización (Justi, 2006) ayudaría a los estudiantes a construir un mo-

delo más científico de suelo con el que poder efectuar predicciones o explicar fenómenos. Es necesario además enfocar las propuestas hacia los servicios ecosistémicos para que los estudiantes entiendan qué se gana y qué se pierde cuando se producen cambios en los usos del suelo en un determinado territorio.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto EDU2015-66643-C2-2-P financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. A los participantes en el estudio y a los revisores del artículo, cuyas aportaciones han contribuido a mejorar su calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACQUA, A., PENNESI, D., STACCHIOTTI, L. y 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). Badajoz: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Extremadura.
- AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente)-PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2002). Con los pies en la tierra: la degradación del suelo y el desarrollo sostenible en Europa. Un desafío del siglo XXI. *Problemas medioambientales*, 16, 1-34.
- ÁLVAREZ, R. M. y GARCÍA, E. (1996). Los modelos analógicos en Geología: implicaciones didácticas. Ejemplos relacionados con el origen de materiales terrestres. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4(2), 133-139.
- APARICIO, S. A. (2015). Impulso y difusión de la Ciencia del Suelo en el 2015. Año Internacional de los Suelos (AIS2015). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23(3), 330-342.
- BRAÑAS, M. P., SÓÑORA, F., JIMÉNEZ, M. P. y GARCÍA-RODEJA, I. (1998). Diez mil años en un centímetro. Unidad curricular sobre el suelo, su formación, degradación, cuidado y restauración. En E. Banet y A. de Pro (coords.), *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias* (pp. 83-90). Murcia: DM.
- BRERO, V., BLANCO, A., PRIETO, T. y GONZÁLEZ, F. (2001). Actividades para la iniciación al concepto de suelo. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 8(30), 55-65.
- DOMÍNGUEZ, J., RODRÍGUEZ, C. M. y NEGRÍN, M. (2005). La Educación edafológica entre el tránsito de la Educación Secundaria a la Universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-5.
- DUIT, R. (2009). *Bibliography STCSE: Students' and teachers' conceptions and science education*. Kiel, Germany: University of Kiel.
- FISHER, B. (1998). Australian student's appreciation of the greenhouse effect and the ozone hole. *Australian Science Teachers Journal*, 44(3), 46-55.
- GARCÍA-RODEJA, I. y LIMA, G. (2012). Sobre el cambio climático y el cambio de los modelos de pensamiento de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 195-218.
- GILBERT, J. K. y BOULTER, C. J. (2000). *Developing Models in Science Education*. Dordrecht: Kluwer. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1>
- GOBERT, J. D. (2000). A typology of causal models for plate tectonics: Inferential power and barriers to understanding. *International Journal of Science Education*, 22(9), 937-977. <https://doi.org/10.1080/095006900416857>
- GRECA, I. M. y MOREIRA, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International journal of Science Education*, 22(1), 1-11. <https://doi.org/10.1080/095006900289976>

- GUTIÉRREZ, R. (1994). *Coherencia del pensamiento espontáneo y causalidad. El caso de la dinámica elemental* (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- HAPPS, J. C. (1981). *Soils. Science Education Research Unit. Working Paper 201*. New Zealand: Waikato Univ. Hamilton.
- HOPMANS, J. W. (2007). A plea to reform soil science education. *Soil Science Society of America Journal*, 71(3), 639.
<https://doi.org/10.2136/sssaj2007.00831>
- IBARRA, J., CARRASQUER, J. y 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.
- JUSTI, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24 (2), 173-184.
- LIBARKIN, J. C., ANDERSON, S. W., BEILFUSS, M. y BOONE, W. (2005). Qualitative analysis of college students' ideas about the Earth: Interviews and open-ended questionnaires. *Journal of Geoscience Education*, 53(1), 17-26.
<https://doi.org/10.5408/1089-9995-53.1.17>
- LIBARKIN, J. C., BEILFUSS, M. y KURDZIEL, J. P. (2003). Research methodologies in science education: Mental models and cognition in education. *Journal of Geoscience Education*, 51(1), 121-126.
- MÁRQUEZ, C., IZQUIERDO, M. y ESPINET, M. (2006). Multimodal science teachers' discourse in modelling the water cycle. *Science Education*, 90(2), 202-226
<https://doi.org/10.1002/sce.20100>
- MARTÍNEZ, R. A. (2007). *La investigación en la práctica educativa: Guía metodológica de investigación para el diagnóstico y evaluación en los centros docentes*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- MARTÍNEZ, M. B., GIL, M. J. y de la GÁNDARA, M. (2016). Aportación de las experiencias a la construcción de modelos: el suelo como sistema. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 24(2), 182-189.
- MARTÍNEZ-PEÑA, M. B. y GIL-QUÍLEZ, M. J. (2014). Drawings as a Tool for Understanding Geology in the Environment. *Journal of Geoscience Education*, 62(4), 701-713.
<https://doi.org/10.5408/13-001.1>
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (MEC) (2007). *Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establece las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria*. BOE 05/01/2007, Madrid.
- NÚÑEZ, J. (1981). *Fundamentos de edafología*. San José, Costa Rica: UNED.
- 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.
- REBOLLO, M., PRIETO, T. y BRERO, V. (2005). Aproximación a la historia y epistemología del concepto de suelo: implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-5.
- REINFRIED, S. y TEMPELMANN, S. (2014). The impact of secondary school students' preconceptions on the evolution of their mental models of the greenhouse effect and global warming. *International Journal of Science Education*, 36(2), 304-333.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2013.773598>
- REYES-SÁNCHEZ, L. B. (2012). Enseñanza de la ciencia del suelo: estrategia y garantía de futuro. *Spanish Journal of Soil Science*, 2(1), 87-99.
- RUÍZ, P. B. y PEDRINACI, E. (1994). Concepto de tiempo geológico: orientaciones para su tratamiento en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2(1), 240-251.
- SÓÑORA, F., GARCÍA-RODEJA, I. y BRAÑAS, M. P. (2001). Discourse analysis: pupils' discussions of soil science. En I. García-Rodeja et al. (eds.), *Proceedings of the 3rd ERIDOB Conference* (pp. 313-326). Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela.

- WILLIAMS, D. R. y BROWN, J. D. (2011). Living soil and sustainability education: Linking pedagogy and pedology. *Journal of Sustainability Education*, 2, 1-18.
- YIN, R. K. (2003). *Case study research. Design and methods*. California: Sage Publications.
- Yus, R. y Rebollo, 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*, 11(3), 265-280.

Secondary students' mental models about the soil

Adriana Fernández, Vanessa Sesto, Isabel García-Rodeja
Departamento de Didácticas Aplicadas, Universidade de Santiago de Compostela,
Santiago de Compostela, A Coruña, España.
adriana.fernandez@rai.usc.es, vanessa.sesto@usc.es, isabel.garcia-rodeja@usc.es

Current society requires that individuals have a basic knowledge about the concept of soil, mainly that it is a non-renewable resource with multiple systemic functions, and for suitable soil management. However, there are few studies dealing with soil from an educational point of view. This paper aims to expand the knowledge about this subject in the field of science education. To achieve this goal, the paper presents a case study with the purpose to identify secondary students' mental models about soil.

The participants were two classes (N = 48) of 10th grade attending Biology and Geology lessons. These students had the opportunity to learn about the soil from an ecological perspective in the subject of Natural Science of 8th grade. Moreover, they studied soil from a geological perspective in the subject of Biology and Geology in 9th grade. However, there is no evidence that the soil was approached from an integrated perspective. Data collection included students' written responses to an open-ended questionnaire. The questionnaire comprised five statements related to the soil origin, age, constituents and changes which it would undergo.

The students' answers were subjected to two types of analysis. The first analysis was aimed to identify the conceptions held by students, and the second one to identify the participants' mental models. During the first analysis (reading and preliminary interpretation of the answers to each question), categories were generated describing the key ideas or elements of explanation to which students referred to in their answers (Fisher, 1998). In a second stage, each questionnaire was analysed globally, incorporating each student's conceptions in broader constructs, to which we refer as students' mental models.

Results show that students present three types of models about soil: primeval soil, geological soil, and ecological soil related to the cycle of matter. Some students (44 %) have a primeval soil model, in which soil is interpreted as an inert surface on which we tread or buildings are built. Students who present this model tend to mention that soil is constituted by rocks, stones and dust, and they tend to think that soil is as old as Earth. This primeval soil has been widely described in other works such as Happs (1981), and Yus and Rebollo (1993). Other students (23 %) show a geological soil model, in which its origin is related only to the processes of erosion and sedimentation. Students who present this model consider that an important function of the soil is to be the support for plants. Some students (25 %) have an ecological soil model, in which its origin is related to decomposition of organic remains. We suppose that this dichotomy between perceiving soil in ecological or geological terms could be explained by the way in which the soil is presented in compulsory education. In light of these results, we suggest approaching the concept of soil in a holistic way instead of providing students with different perspectives that seem apparently unrelated. Inquiry based science education allows students to achieve a higher understanding of soil's characteristics, and the connection between Soil Science and other disciplines such as Chemistry, Biology or Environmental Education. Moreover, the implementation in the classroom of activities based on modelling would help students construct a soil model closer to the model of school science. With this model, students could predict and explain phenomena from the real world.

