

- Hernández, A.J., Gutiérrez-Ginés, M^aJ. y Pastor, J. 2010. Investigación del tratamiento de la contaminación del suelo en libros de texto para escolares y alternativas docentes experimentadas. *El suelo; funciones y manejo* Ed. Copicentro Granada: *El suelo; funciones y manejo* Ed. Copicentro Granada: 929-938. ISBN: 978 84-15026-39-6

Investigación del tratamiento de la contaminación del suelo en libros de texto para escolares y alternativas docentes experimentadas

HERNÁNDEZ, A.J.^{1,2}, GUTIÉRREZ-GINÉS, M^aJ.¹ y PASTOR, J.^{3,2}

¹Dpto. Ecología, Universidad de Alcalá, Madrid

²INSE (Instituto de Investigación Socioeducativa, República Dominicana

³Dpto. Ecología de Sistemas, CCMA, CSIC, Madrid

Resumen

Los conocimientos relativos a la contaminación de los suelos que tienen los escolares al finalizar la enseñanza obligatoria tanto en España como en otros países latinoamericanos son, en general, escasos y, a veces, erróneos. La hipótesis de que esta temática sigue siendo un tema poco o mal tratado en los contenidos básicos que forman los *currricula* de la enseñanza obligatoria, nos ha determinado a llevar a cabo el trabajo que se presenta. Partimos de que es importante reconocer la dificultad que entraña la percepción de la contaminación de un suelo, en comparación con la contaminación del aire o del agua, por lo que su comprensión resulta compleja.

Se expone en primer lugar el análisis de esta problemática en 22 libros de texto mediante una misma pauta metodológica, y después se muestran dos instrumentos didácticos sencillos, que ayudan a conseguir buenos resultados acerca de la percepción de la contaminación de los suelos, un experimento para observación directa y otro realizado mediante indicadores con plantas cultivadas. Para el diseño de ambos instrumentos se han combinado dos criterios: a) que se pudieran percibir algunos efectos de la contaminación del suelo en un periodo corto de tiempo, y b) que dicha contaminación respondiera a casos habituales. Por ello los suelos utilizados (capa superficial de *luvisol cálcico*, *vertisol*, *cambisol eútrico*), corresponden tanto a agroecosistemas frecuentes en el territorio mediterráneo hispano (olivar, viñedo y cereal), como a otros frecuentes en el territorio tropical dominicano (*entisoles*) con cultivos de habichuela y maíz. Además se trabajó en suelos que contienen metales pesados de emplazamientos existentes en ambos territorios (vertedero de RSU y mina abandonada). Toda la experimentación se ha llevado a cabo con dos colectivos de estudiantes de último año de enseñanza obligatoria para España (4º ESO) y de la República Dominicana (8º grado de enseñanza básica), si bien fueron previamente experimentados por 24 maestras/os de escuelas públicas dominicanas, además de 94 estudiantes de último curso de la Licenciatura en Biología de la Universidad de Alcalá. Se concluye acerca de la importancia de introducir esta temática en los textos escolares.

Palabras clave

Contaminación del suelo, educación obligatoria, libros de texto, indicadores, percepción.

1. Introducción

La magnitud y gravedad de los procesos de la contaminación de los suelos, han llevado a los expertos de la FAO a revisar la clasificación de los mismos y a proponer una nueva que

sea útil con vistas a dar cuenta de este tipo de degradación edáfica, incluyendo ahora también los vertederos (sellados con una cubierta edáfica) y tecnosuelos para aquellos que han sido degradados por actividades industriales, mineras en gran mayoría (FAO, 2007). Nuestro equipo es consciente de ello y viene investigando en los últimos veinte años, en varias líneas relativas a la contaminación de los suelos: caracterización del estado de los suelos contaminados por metales pesados, contaminantes orgánicos y salinización, desarrollo de herramientas de análisis espacial de los contaminantes, mejora de métodos analíticos de contaminantes orgánicos, establecimiento de valores de referencia de los contaminantes, interacciones de contaminantes en el suelo, estudio de la biodisponibilidad de metales pesados, procesos de atenuación natural, evaluación del riesgo ecológico y del riesgo para la salud de suelos contaminados, y desarrollo de tecnologías de descontaminación como la fitorremediación y la recuperación de suelos mediante revegetación: algunas de las últimas publicaciones al respecto son recogidas en Hernández & Pastor (2008) y Pastor y Hernández (2008).

La problemática de la contaminación del suelo nos preocupa por dos razones. Por un lado los contaminantes del suelo son capaces de afectar de forma negativa a las comunidades que se desarrollan sobre ellos y pueden pasar a lo largo de las redes tróficas, produciendo un riesgo incluso para la salud de las personas. Sin embargo, por otro lado, es fundamental tener en cuenta la nula percepción de la contaminación de los suelos, aunque se asuma que algunos compuestos utilizados en la agricultura (fertilizantes químicos, pesticidas y herbicidas) causen perjuicios para ellos. El aire que respiramos si huele mal, o el agua que bebemos si sabe mal, son elementos indicadores de la contaminación de estos medios, pero no podemos detectar en poco tiempo la contaminación de un suelo.

También, desde hace algo más de treinta años hemos estado interesados en el tratamiento del suelo en la enseñanza (Hernández, 1978). Las diferentes programaciones experimentadas acerca de la misma que fueron llevadas a cabo por algunos de nosotros desde 1973, tanto en la enseñanza universitaria como de bachillerato, fueron recogidas en Hernández (1988). Sin duda, el suelo se nos fue revelando como un tema idóneo para la implementación de una enseñanza interdisciplinar y para la integración de muchas cuestiones entre las ciencias naturales y sociales.

A pesar de que los conocimientos científicos referente a los suelos contaminados ha ido creciendo en todos estos años, ellos no parecen haber entrado en los *currícula* escolares. Sin embargo, esta temática la consideramos básica para la educación de la ciudadanía, ya que está íntimamente ligada a la salud pública y esta última, no solamente tiene que ver con la contaminación del aire y del agua, como suele seguir figurando en los textos escolares.

Por todo ello hemos pretendido, por un lado, saber cómo son los enfoques que dicha temática está teniendo en los libros de texto que llegan a la escuela. Ello ha constituido el propósito de este trabajo, cuyos resultados nos podrá conducir en un futuro próximo a realizar sugerencias oportunas para que la contaminación del suelo tenga un tratamiento análogo al que se da a otros aspectos de la contaminación. Y por otro lado, y a la vista de los resultados, hemos querido proponer la experimentación que se explica a continuación con fines de formación e información acerca de esta problemática.

2. Material y métodos

En primer lugar se han analizado un total de 22 libros de texto correspondientes a la enseñanza obligatoria en España y República Dominicana, de las áreas de ciencias naturales y sociales en distintos niveles de enseñanza y de editoriales que suelen ser comunes en ambos países, así como en otros de Latinoamérica (Santillana, SM, Mc Graw Hill y Vicens Vives). Las ediciones van desde 1996 a 2008, si bien la mayoría son reimpresiones de los mismos textos, incluso de fechas anteriores, aunque las ediciones lleven otra más actual y todos ellos son los aprobados como textos oficiales para ser utilizados en la escuela.

Para que el análisis de los libros sea homogéneo en todos ellos, se ha diseñado la siguiente ficha que se ha aplicado a cada uno.

Ficha-guía para el análisis del tema del suelo en los libros de textos de ciencias de la naturaleza y de sociales de la enseñanza obligatoria

1. Nivel de estudios en el que se encuadra el suelo y editorial del texto.
2. La temática del suelo se presenta en libros de ciencias de la naturaleza o de sociales.
3. Se encuentra siempre una definición del suelo correcta.
4. Se considera la observación como punto de partida en el tratamiento del tema.
5. Se presenta el tema con una metodología investigativa.
6. Se presenta la teoría (definiciones, composición, tipos de suelo...) como final de una investigación justificada por la observación y la experimentación escolar.
7. Se señala si el tema del suelo expuesto alude a distintas facetas del mismo: recurso natural, componente de ecosistemas terrestres, ecosistema, otros.
8. Se hace referencia a la contaminación del suelo exponiendo contenidos concretos.
9. Los suelos contaminados son presentados mediante las interacciones mutuas, teoría-práctica, proceso natural-proceso antrópico
10. En todo el libro de texto analizado, señalar el número total de páginas dedicadas al suelo.

A partir de los resultados de este análisis de libros de texto y de los conocimientos aportados por 45 estudiantes al finalizar la enseñanza básica acerca de la contaminación del suelo, se han diseñado dos instrumentos que permitan a distintos colectivos (maestras/os, estudiantes y agricultores fundamentalmente) percibir los efectos de la contaminación de los suelos. Para el diseño de ambos instrumentos se han combinado dos criterios: a) que se pudieran percibir algunos efectos de la contaminación del suelo en un periodo corto de tiempo, y b) que dicha contaminación respondiera a casos habituales. Las actividades llevadas a cabo son las siguientes:

(i) un experimento sencillo con distintos productos habituales (aceite, detergente líquido, gasolina y un medicamento) para ver su efecto en distintos tipos de suelo. Los suelos que se van a utilizar se secan y se pasan por un tamiz de 2 mm. La realización del experimento consiste en añadir 20 ml de cada vertido a unos 200g de cada suelo, previamente humedecido, para lo que se usan unos dispositivos diseñados para que sean capaces de recoger los efluentes de dichos vertidos. Sin mover ni revolver estos vertidos, se realizan observaciones a los 20 minutos, 3 y 24 horas y 8 días.

(ii) un bioensayo para percibir la contaminación del suelo por metales pesados mediante algunos indicadores sencillos en plantas cultivadas. El experimento, que dura cuatro semanas,

consiste en plantar maíz y habichuela negra, en cinco suelos diferentes (dos de ellos de la cubierta de sellado de un vertedero de residuos urbanos, contaminados con 6 elementos traza o más; uno de una mina abandonada y otro de un cultivo, ambos con 5 elementos traza, y un control de suelo de cultivo no contaminado). Una vez por semana se lleva a cabo un monitoreo en el que se miden la altura de las plantas, el número de hojas y los síntomas que presentan.

Los dos diseños experimentales contemplan dos escenarios frecuentes: efecto de vertidos en distintos tipos de suelo según se muestra en la figura 1 y la acción conjunta de metales en la capa superficial de suelos de vertederos y de minas abandonadas, en plantas cultivadas (habichuela y maíz), como se expone en la figura 2.

Los experimentos se han llevado a cabo con dos colectivos de estudiantes de último año de la enseñanza obligatoria para España (4º ESO, Colegio Diocesano Santa Cruz, de Guadalajara, España) y de la República Dominicana (8º grado de enseñanza básica). Previamente fueron experimentados por 24 maestros/as de escuelas públicas dominicanas, además de 94 estudiantes de último curso de la Licenciatura de Biología en la Universidad de Alcalá.

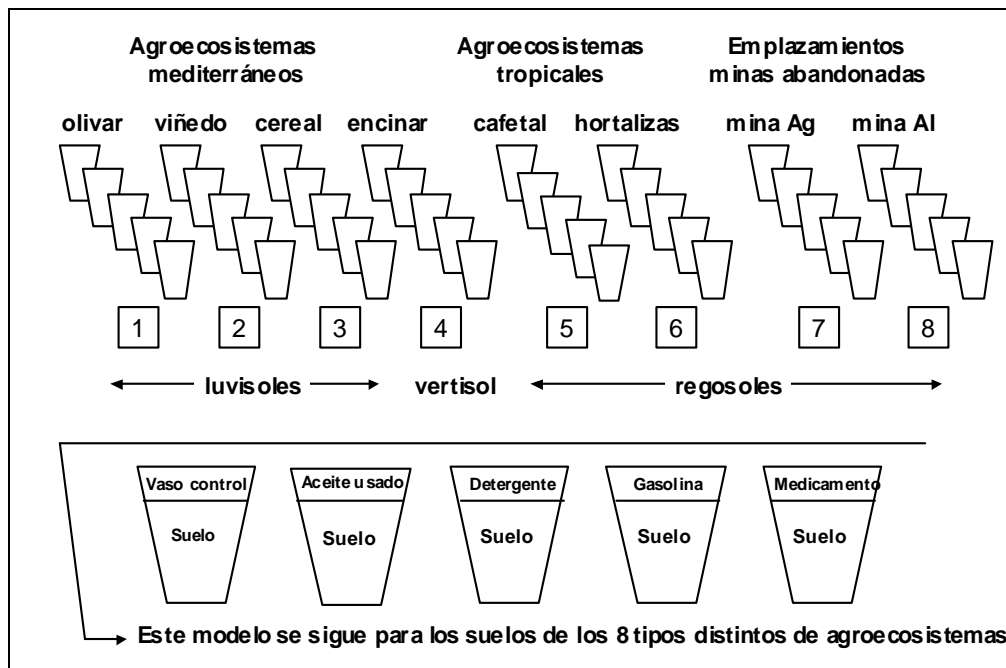


Figura 1

3. Resultados y discusión

Respecto al análisis de los libros de texto, debemos señalar que la selección de libros para esta investigación ha estado únicamente predeterminada por aquellos que se han estado utilizando en las escuelas y/o colegios donde venimos teniendo actividades relacionadas con la implementación de actividades que conduzcan a la calidad de enseñanza. Por tanto, los resultados no están sujetos a un análisis estadístico, sino que son mostrados a modo de una aproximación que, por otra parte, puede tener mucho de realismo para otros casos, tanto de editoriales como de países.

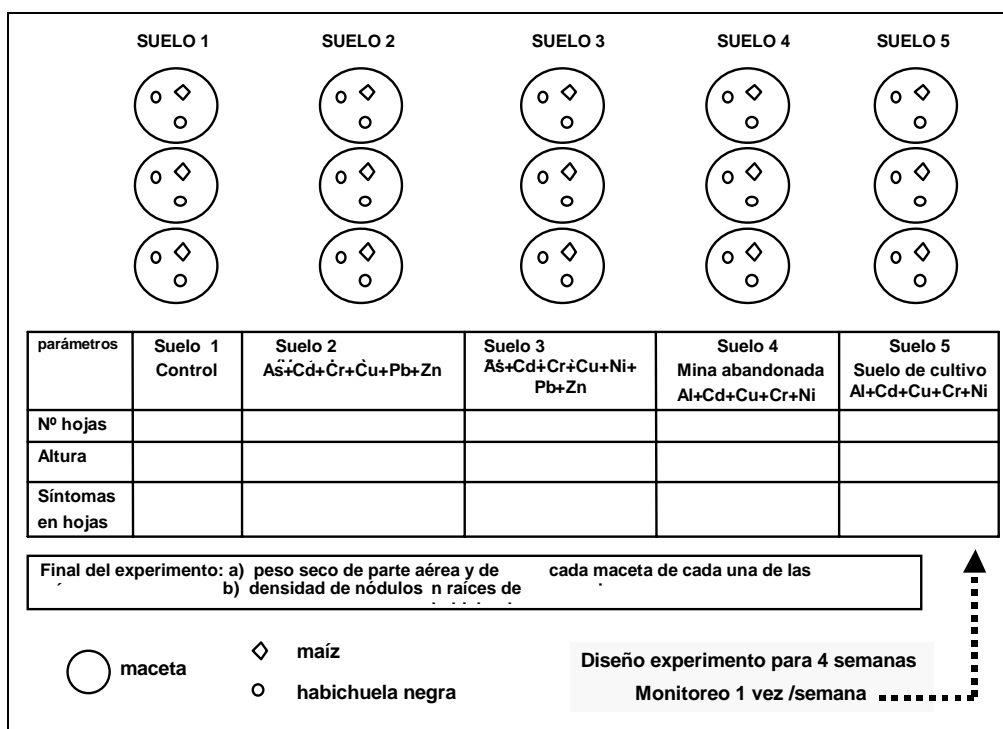


Figura 2

a) Tratamiento de los contenidos sobre el suelo en los libros de texto

Llama la atención que en un 30 % de los libros de texto analizados no se mencione el suelo y cuando se trata de abordar alguna cuestión relativa al mismo, ni siquiera muestra una definición en el 40% de los casos.

Solamente un 12 % considera la observación como punto de partida en su tratamiento y, aunque a primera vista puede parecer que el tema tiene una metodología investigativa, realmente no presentan los contenidos después de una investigación justificada por la observación y la experimentación. Ni siquiera se muestran unas prácticas que corroboren, complementen o apliquen la teoría.

En el conjunto de aquellos libros que aluden al suelo, el máximo de páginas dedicadas al mismo es 2,3 de un total de 223 (equivalente a un máximo de 1,1% en los libros analizados), y un mínimo de 0,8 páginas. Es un hecho que hay alusiones al suelo en distintas unidades temáticas en las que no figura como tal el estudio de los mismos. Así, lo más frecuente es tratarlo como recurso natural (50%), y siempre vinculado a los servicios que presta para la agricultura, ganadería y materias primas, tanto se trate de textos de ciencias naturales como de sociales; en otras ocasiones, como parte de los ecosistemas terrestres o un solo ecosistema (13%), soporte de la vegetación (12,5%), componente del ciclo de la naturaleza (12,5%), y como un elemento vital (12%). Todos estos epígrafes son los perfiles más frecuentes del tratamiento del suelo en los textos de Ciencias de la Naturaleza, si bien son análogos a los enfoques que suelen dar los textos de Ciencias Sociales al insertar el suelo en unidades didácticas de agricultura y de economía de sus correspondientes disciplinas. También hay alusiones al suelo cuando se mencionan en “los problemas del medio ambiente”, en concreto cuando se habla de problemas del suelo se refieren mayoritariamente a la erosión y la desertificación, sobre todo en los textos españoles (62%). Mucho más puntuales son las

referencias al suelo en temas referidos a “paisaje y relieve”, o para decir cómo se forma un suelo en “geología externa”

b) Tratamiento de la contaminación de los suelos en los libros de texto

No nos sorprende que las referencias a la contaminación del suelo sean muy escasas en los textos analizados. Un 70 % de los mismos no hace ninguna alusión a la contaminación del suelo, mientras que la contaminación del agua y del aire se menciona con bastante extensión en los libros escolares (en el 63,6% de los analizados). Y cuando se trata de contenidos alusivos a suelos contaminados, solamente aparecen los abonos químicos y los pesticidas como causantes de este proceso mencionando su repercusión en alimentos vegetales.

Tampoco es de extrañar que no se proponga el estudio del proceso de la contaminación del suelo, por lo que no se muestran las implicaciones del mismo con la relación a los demás procesos de contaminación en otros medios de vida. Somos conscientes de las dificultades que entraña para la escuela el abordaje de procesos tan complicados como el de la contaminación. Sin embargo, no estamos de acuerdo con que se muestren hechos o resultados parciales y no de forma integrada, sea en el nivel educativo que se incluya. O llenar las páginas con fotos u otras ilustraciones que no se corresponden a la didáctica de dicha temática. En este aspecto, nos parece inadmisibles que se haya encuadrado la contaminación del suelo en la mayoría de los textos escolares de 3º grado de la enseñanza básica que han sido revidados para la República Dominicana. En dicho país, algunos textos lo mencionan para 4º grado en las ciencias de la naturaleza.

A la vista de los resultados obtenidos, pensamos que la complejidad de esta temática aconseja que debe ser abordada en niveles superiores de la enseñanza obligatoria (7º y 8º grados en el país dominicano o en 2º y 3º ESO - enseñanza secundaria obligatoria - en España), cuando se tengan estudiantes más próximos a los 12-14 años. Pero abogamos porque la contaminación de los suelos sea contemplada en el currículo escolar, aun sabiendo que “todo no puede entrar en la escuela”. Para ello, hay que pensar en “saberes con fecha de caducidad” como serían cuestiones relativas a clasificaciones de suelos en la enseñanza primaria, a fin de procurar el aprendizaje de otros saberes que están más en sintonía con las necesidades para una educación básica contemporánea. Esto significa que hay que dar paso a algunos conocimientos para la escuela de forma interdisciplinar o integrada y no ser contemplados en diferentes áreas (naturales o sociales) abordando los mismos contenidos.

A partir de estos resultados expuestos y de los correspondientes a un sencillo cuestionario realizado por los estudiantes que finalizaban la enseñanza básica (cuadro 1), decidimos diseñar los instrumentos para la percepción de suelos contaminados (figura 1 y 2), con el fin de implementar una metodología científica y sencilla en relación a percibir la contaminación de los suelos. En dicho cuadro pueden observarse errores y falta de algunos conocimientos.

c) Resultados de las actividades diseñadas

Las observaciones realizadas sobre el experimento de la figura 1 hicieron referencia sobre todo a la cantidad de efluentes que cada vertido era capaz de producir y cuanto quedaba retenido en el suelo, y a otros aspectos como la compactación. A partir de estas observaciones los alumnos son capaces de pensar o deducir si los vertidos añadidos resultan más perjudiciales para el suelo o para las aguas subterráneas; pueden percibir procesos y sacar conclusiones sobre cómo distintos vertidos afectan a distintos tipos de suelos.

A modo de resumen de los resultados observados se puede decir que el suelo de olivar, en general, deja percolar los vertidos, haciendo que sean un peligro para las aguas subterráneas que serán alcanzadas fácilmente por los contaminantes. En este suelo son el detergente y el aceite los que más afectan al suelo. En el primer caso, puede haber un problema de eutrofización debido a los compuestos fosfatados de los detergentes, en el segundo caso puede haber un problema de anoxia, debido a la capa de aceite que puede quedar en la superficie del suelo.

Tabla 1. Respuestas a las preguntas “¿Cómo se contamina el suelo?” y “¿qué consecuencias tiene esta contaminación?”

| Cómo se contamina un suelo | Frecuencia % | Consecuencias de la contaminación del suelo | Frecuencia % |
|---|---------------------|--|---------------------|
| Insecticidas/pesticidas/herbicidas | 100 | Se mueren las plantas y los animales | 45 |
| Exceso de abonos (químicos o fertilizantes) | 66 | Se acaba la agricultura | 21 |
| Basura doméstica | 44 | Las plantas no realizan la fotosíntesis, por lo que no hay oxígeno | 10 |
| Desechos animales y productos químicos | 33 | Los árboles no pueden estar allí porque se desprenden | 10 |
| Productos tóxicos | 21 | Las plantas no pueden nutrirse | 10 |
| Detergentes, residuos hospitalarios, residuos industriales, vertederos, metales pesados, gasolina, papeles y botellas | 10 | Todo se queda estéril | 10 |
| | | Se pueden producir incendios | 10 |

Los efluentes del suelo de viñedo también alcanzarán las aguas subterráneas fácilmente, pero no tanto como en el caso del suelo olivar. En este aspecto, el peor vertido es el detergente, y con mas tiempo, también el medicamento. Desde el punto de vista del suelo, la gasolina es el peor vertido.

En el suelo de cereal, los vertidos de aceite suponen un gran peligro, puesto que no percola pudiendo crear situaciones de anoxia, también la gasolina se queda de forma preferencial en el suelo, aunque ambos pueden también alcanzar aguas subterráneas. Los que percolan de forma más fácil son el detergente y sobre todo el medicamento, que apenas quedan en el suelo.

Los suelos tropicales de cafetal y habichuelas se comportan de forma similar tanto para el agua como para los vertidos. Cualquier tipo de vertido en ellos supone un problema para el suelo, aunque es poco probable que lleguen a las aguas subterráneas.

Los suelos de las dos minas dejan percolar los vertidos, aunque no de forma tan importante como en el caso de los suelos olivar, viñedo y cereal. Ante un vertido el suelo de mina de aluminio resulta más peligroso para las aguas subterráneas que el de mina de plata, puesto que deja pasar más los vertidos. En ambos casos, sin embargo, también queda una parte importante de los vertidos retenida en el suelo. En los dos casos la gasolina quedará muy retenida en el suelo y sólo levemente en el suelo de mina de aluminio puede pasar a las aguas subterráneas.

De los vertidos, todos pueden ser peligrosos para el suelo por distintos aspectos. El aceite, aunque percole ligeramente, queda retenido por el suelo, incluso quince días después

del vertido, en ocasiones formando una película que impide el paso de aire al suelo, y por lo tanto puede provocar situaciones de anoxia. El detergente resulta más peligroso en suelos de olivar, encinar, ambas minas y suelos tropicales. La gasolina apelmaza y endurece todos los suelos, les da un aspecto seco. El medicamento percola pero también se queda en el suelo incluso 15 días, dándole aspecto húmedo. Su gran cantidad de azúcares hace que proliferen de forma muy abundante colonias de microorganismos.

Respecto al instrumento mostrado en la figura 2, a partir de los datos del monitoreo semanal se pueden construir gráficos sencillos que permiten visualizar fácilmente el efecto que la contaminación del suelo produce sobre plantas cultivadas (figura 3); además se pueden percibir síntomas que presentan las plantas expuestas a ésta contaminación (tabla 2).

Los trabajos de Hernández et al.(2006) y Pastor et al (2009) pueden ayudar a interpretar los resultados más concretos en orden al efecto de la contaminación sobre la nutrición mineral. Aunque estamos de acuerdo con Stocking y Murnaghan (2003) en que las deficiencias (o toxicidades) de diferentes nutrientes pueden mostrar el mismo síntoma visual, los parámetros considerados refuerzan nuestra percepción de la contaminación del suelo por metales mediante los indicadores referidos.

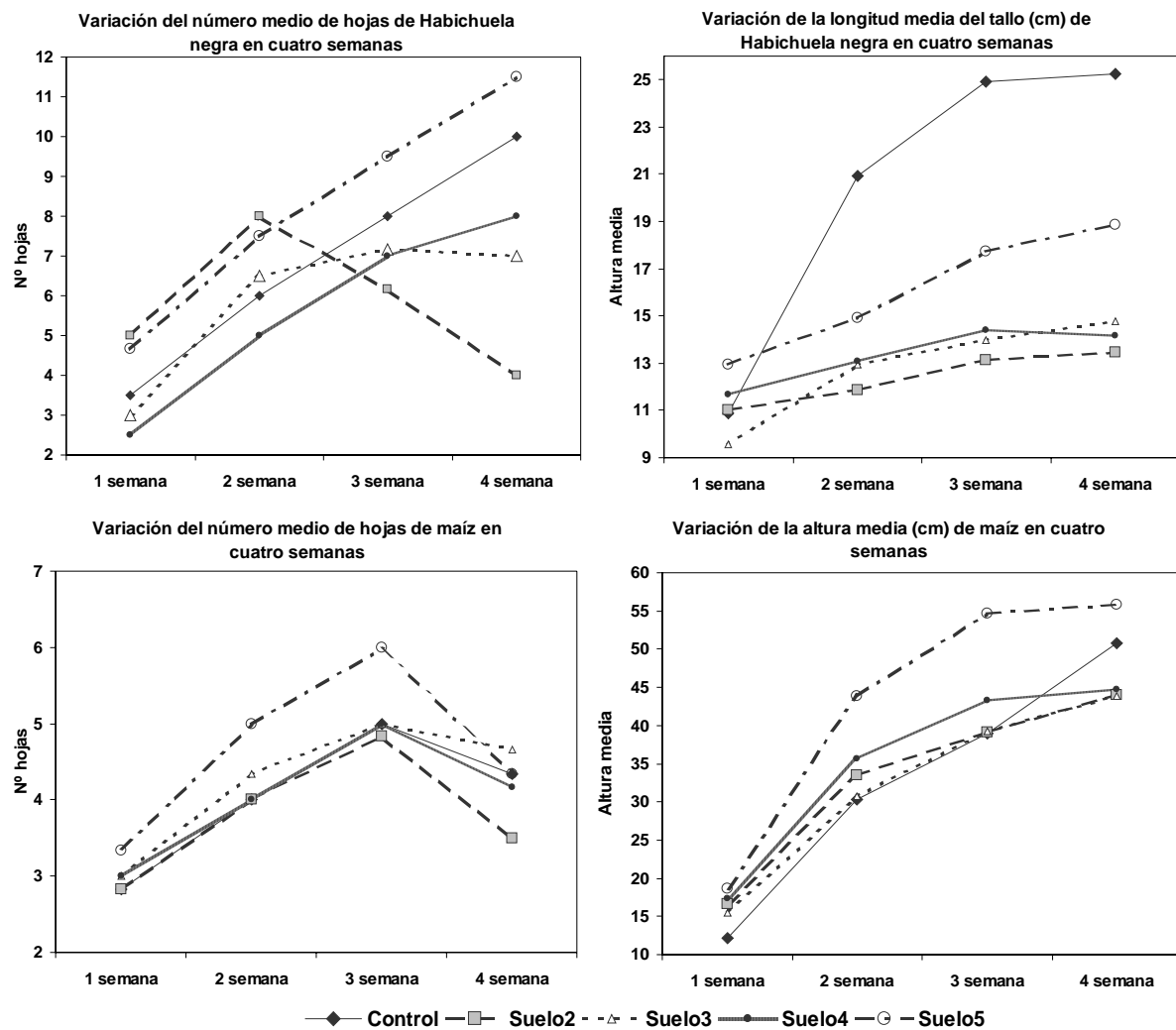


Figura 3. Gráficos que muestran los resultados del monitoreo semanal llevado a cabo para el experimento 2.

Tabla 2. Síntomas de las hojas de maíz y habichuelas negras descritos por los alumnos de 4º de ESO a lo largo de las 4 semanas del experimento.

| Suelos | Hojas de maíz | Hojas de habichuela negra |
|---------|--|--|
| Control | - Un poco pálidas | - Descoloridas - |
| Suelo 2 | - Un poco arrugadas - Con poco color, descolorido - Un maíz se ha muerto | - Arrugadas - Pequeñas - Los bordes se están muriendo - Manchas grises |
| Suelo 3 | - Pequeñas - Bordes arrugados | - Arrugadas - Pálidas, amarillas - Con manchas - Caídas - Nervios muy marcados de color gris |
| Suelo 4 | - Amarillas - Muy claras - Con rayas rojas | - Arrugadas - Pálidas - Con puntos blancos - Con puntos granates - Verde muy oscuro |
| Suelo 5 | - Verde oscuro | - Verde muy oscuro - Algunas manchas más claras |

Se puede observar que ambos experimentos pueden llevarse a cabo de forma sencilla y no es necesario un largo periodo de tiempo para ver unos resultados significativos. En el primer caso en una semana de observaciones se pueden ver procesos y efectos de los vertidos en los suelos. En el segundo caso, las habichuelas, debido a su rápido crecimiento, son capaces en 4 semanas de llegar a producir flores y de mostrar efectos importantes de la contaminación. Este tiempo no es suficiente para el maíz para fructificar, pero sí para mostrar también los signos de estrés. Los materiales necesarios tampoco son difíciles de conseguir y la búsqueda y recolección de los mismos la pueden realizar los alumnos con ayuda del profesor.

En un periodo no superior a una semana en el primer caso y 4 en el segundo se pueden llevar a cabo dos actividades que, aparte de formar a los alumnos en los efectos de la contaminación del suelo a partir de realidades próximas, permite reproducir y aprender todas las fases del método científico, así como metodologías investigativas. Por otro lado, los resultados obtenidos con los colectivos que han participado en la experimentación de dichos instrumentos, permiten proponerlos para otros colectivos escolares y de agricultores.

4. Conclusiones

El suelo es un tema escasamente tratado en los libros de texto de la educación obligatoria de España y de la República Dominicana. En comparación con la contaminación del aire o del agua, la del suelo tiene poca cabida en los temarios, que suele estar incompleta y cuando existe, el tema no se trata desde una perspectiva investigativa. No nos extraña, por tanto, que los conocimientos de los alumnos de últimos cursos de enseñanza obligatoria sean incompletos y/o erróneos.

Por este motivo hemos diseñado y experimentado dos actividades basadas en la aplicación del método científico y en la percepción de los suelos contaminados. Debido a la sencillez de su puesta en marcha y obtención de resultados, y al poco tiempo necesario para llevarlos a cabo, resultan aptos para su realización en las escuelas de ambos países. Los

resultados obtenidos en ambas actividades nos permiten proponerlas para otros colectivos escolares e incluso de agricultores.

5. Agradecimientos

Proyecto de Investigación CTM 2008-04827/TECNO, a los Programas financiados por la Comunidad de Madrid: EIADES (“Evaluación de impacto ambiental y recuperación del medio natural en emplazamientos contaminados”) y al de “Promoción de la calidad educativa y el desarrollo local en la provincia de Pedernales, República Dominicana”.

6. Bibliografía

FAO, 2007. *Base referencial internacional del recurso suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional.*

HERNÁNDEZ, A. J. 1978. *Experiencias de Interdisciplinariedad.* Ed. Nancea, Madrid.

HERNÁNDEZ, A. J. 1988. Repercusión de los cambios conceptuales y metodológicos en la enseñanza del suelo. *Henares, Rev. Geol.*, 2: 445-453.

HERNÁNDEZ, A. J.; ALEXIS, S.; FERNÁNDEZ-PASCUAL, M.; PASTOR, J. 2006. Estudio de la nutrición mineral de *Phaseolus vulgaris* L. en suelos de cultivo que contienen metales pesados. En: *Nutrición Mineral. Aspectos fisiológicos, agronómicos y ambientales.* C. Lamsfus, (Editora-Coord.). Ed. Universidad Pública de Navarra, España: 573-580.

HERNÁNDEZ, A. J. & PASTOR, J. 2008. Validated Approaches to Restoring the Health of Ecosystems Affected by Soil Pollution In: J. B. Dominguez & Frank Columbus (Eds.). *Chapter 2: Soil Contamination Research Trends*, pp. 51-72. Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY USA.

PASTOR, J. y HERNÁNDEZ, A. J. 2008. La restauración en sistemas con suelos degradados: estudio de casos en vertederos, escombreras y emplazamientos de minas abandonadas. En *Contaminación de Suelos. Tecnologías para su Recuperación.* R. Millán y C. Lobo (ed): 523-544. Ed. CIEMAT, España.

PASTOR, J Y HERNÁNDEZ, A. J. 2009. Acción conjunta de Al y metales pesados del suelo en la nutrición mineral del maíz: Bioensayos en microcosmos y reflexiones con fines de fitorremediación. En *Nutrición mineral.* Ed. Universidad de Granada, España: 85-95.

STOCKING, M. & MURNAGHAN, N. 2003. *Manual para la evaluación de campo de la degradación de la tierra.* Ed. Mundi-Prensa, Madrid-Barcelona-México.