

## EXPERIENCIA DIDÁCTICA PARA LA MATERIA DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MEDIO AMBIENTE: LA EROSIÓN DEL SUELO

*Experience that deal about Earth Sciences and Enviromental Education. Soil erosion.*

Roberto Vila (\*), Rubén Contreras (\*\*), Luis Fernández (\*\*),  
José Luis Roscales (\*\*), Fernando Santamaría (\*\*).

### RESUMEN

*Se propone el desarrollo de la unidad didáctica: "Estudio y medición de la erosión del suelo", perteneciente al bloque de contenidos III- Relaciones entre el hombre y la naturaleza, de la materia de Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente de 2º curso de Bachillerato. Esta propuesta fue desarrollada en nuestro centro a lo largo de tres meses. Incluye desarrollo teórico en el aula, participación de un especialista en el estudio de la erosión del suelo, realización de ejercicios teóricos, planificación y desarrollo de un proyecto experimental y evaluación.*

### ABSTRACT

*We have proposed the development of the unit didactics : "Study and to measure the erosion of the soil", it belongs to the block of contents <III>- Relations between the man and the nature, of the subject of Sciences of Earth and Environment of 2º course of Bachelor degree. This proposal was developed in our long center to it during three months. Includes theorist development in the classroom, participation of specialist in soil erosion studies, realization of theorist exercises, planning and development of an experimental project and evaluation.*

**Palabras clave:** erosión, suelo, educación ambiental, clavos de erosión, Ciencias de la Tierra.

**Keywords:** erosion, soil, environmental education, pin erosion, Earth Sciences.

### INTRODUCCIÓN

La aprobación de la Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (Ley 1/1990) aporta un nuevo planteamiento para el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. Una de las novedades más destacadas es la creación de una nueva materia optativa en 2º curso de bachillerato, con la denominación de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente.

El estudio de la erosión y la problemática de la desertización se trata en el bloque de contenidos dedicado a las relaciones del hombre con la naturaleza. En nuestro centro hemos diseñado una unidad didáctica para el abordaje de esta temática; teniendo como objetivos, además de los propios de la materia, conseguir en nuestros alumnos y alumnas un interés por el proceso de investigación y el uso del método científico. Para la realización y desarrollo de la unidad hemos contado, además de con los profesores del departamento, con un especialista externo de la Universidad de Santiago de Compostela.

### DESARROLLO TEÓRICO

Como fase previa al desarrollo experimental planteado, se trataron en el aula los distintos conte-

nidos relacionados con la erosión. Para ello, se alteró en parte la programación prevista por el departamento para el curso y la materia objeto de esta unidad. La erosión, desertización y desertificación fueron expuestos en 6 sesiones de 50 minutos cada una, durante el horario habitual de la materia, siguiendo la programación que indicamos en la Tabla I. El profesor encargado de esta disciplina utilizó la clase magistral, el debate y la realización de ejercicios y cuestiones prácticas como metodología expositiva. Durante esta fase, se invitó a los alumnos a realizar una búsqueda diaria en la prensa de todos los aspectos relacionados con la temática.

Se hizo hincapié en el concepto y estructura del suelo, su importancia como parte del ecosistema, así como los distintos factores del biotopo y de la biocenosis que intervienen directa o indirectamente en su formación y evolución. A continuación, tratamos de una forma más resumida algunos de los principales sistemas taxonómicos de suelos. Seguidamente, se estudió el concepto de erosión, erosividad y erosionabilidad y algunos de los sistemas de evaluación del proceso, así como su representación en mapas de riesgo.

Sobre el concepto de erosión hay que tener en cuenta que las definiciones del termino son variadas (Marqués, 1996; Jiménez, 1998), aunque considera-

(\*) Departamento de Xeografía. Universidade de Santiago de Compostela. Praza da Universidade, 1. 15703. Santiago de Compostela (A Coruña).

(\*\*) Departamento de Biología y Geología. I.E.S. "Alfoz de Lara". Carretera de Quintanar s/n. 09600. Salas de los Infantes (Burgos).

## EL SUELO

- Concepto. El suelo como interfase entre litosfera, atmósfera, hidrosfera y biosfera.
  - Interacción entre el suelo y la vegetación.
- Características físicas de los suelos:
  - Color.
  - Textura.
  - Estructura: Triángulo de texturas.
- Perfiles de los suelos. Horizontes y subhorizontes edáficos.
- Dinámica del suelo:
  - El agua y el suelo.
  - La materia orgánica.
  - Humificación y mineralización.
  - Complejo coloidal y adsorción iónica.
  - Intercambio catiónico.
- Consideraciones generales de taxonomía de suelos.

## IMPACTOS SOBRE EL SUELO

- Erosión de los suelos: acción natural y antrópica.
- Concepto de desertización y desertificación.
- Erosión por impacto, erosión laminar, erosión por arroyadero, erosión eólica y gelifración.
- Erosividad y erosionabilidad. Índice de erosividad.
- Ecuación universal de pérdida de suelos. Mapas de riesgo.
- Medidas preventivas y correctoras en la degradación de los suelos.

Tabla 1: Programa teórico desarrollado en el aula, por el profesor de la materia.

mos la dada por Kirkby (1980) como adecuada, al definir la erosión del suelo como una remoción del material superficial por acción del viento y el agua.

También se incidió sobre los conceptos de desertización y desertificación. La desertización se define como la disminución o destrucción del potencial biológico de la tierra, que en su extremo puede producir condiciones próximas a las que se dan en los desiertos. Este término acuñado en 1977 en la conferencia de Nairobi (Pérez Soba & Barrientos, 1988), ya fue dejado entrever previamente en la Conferencia de Roma, en 1974. En 1977 se calculaba que unos 20 millones de hectáreas por año eran inutilizadas y prácticamente irre recuperables por la globalización de la desertización, problema que potencialmente afecta a un 35 % del total de la superficie terrestre según la UNEP (*United Nations Environmental Problems*, 1991) siendo aquí donde se define la desertificación como la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas

como resultado, principalmente, del negativo impacto humano.

También nos detuvimos en explicar los factores y variables que intervienen en los procesos erosivos, y que resumimos a continuación:

### Las características físicas de la lluvia

El índice de erosividad de la lluvia

### El índice de erosividad de las precipitaciones

La textura de las partículas del suelo

Los agregados del suelo

La rugosidad superficial del suelo

La pedregosidad superficial

El perfil del suelo

La humedad inicial de l suelo

Los efectos de la pendiente

La cobertera vegetal del suelo.

En el planteamiento experimental (Sancho et al., 1991; Lopez-Bermudez et al., 1993 y González-Hidalgo, 1996). optamos por un método de estudio en particular, sin embargo, en este momento se explicó al grupo las formas distintas de evaluar la erosión. Según Vila García (1996), podemos hacerlo:

- a. Teniendo en cuenta la degradación específica de las cuencas.
- b. Según la evaluación cartográfica.
- c. Siguiendo mediadas microtopográficas y perfiles topográficos, donde se sitúan los *pin erosion* (que utilizaremos en esta unidad).
- d. Mediante la monitorización de parcelas experimentales.

Finalmente, se entró a valorar la problemática de la pérdida de suelo en España, y como problema a escala mundial. Para ello hemos utilizado el vídeo como recurso, con el visionado de un fragmento del capítulo “*La tierra se queja*”, de la colección “*El planeta milagroso*” (Divisa ediciones, RTVE), que expone, durante unos 20 minutos aproximadamente, como la deforestación en la cultura egipcia y la ganadería en la cultura griega, fueron una de las causas de la aceleración de los procesos de desertización en determinadas zonas y consecuentemente motivaron, entre otras causas, el declive de estas culturas, que previamente habían tenido momentos de máximo esplendor. Esto permitió entrar a valorar, en un debate, el concepto de desarrollo sostenible.

Al finalizar esta primera fase, se realizó una pre-evaluación mediante una prueba con 5 preguntas a desarrollar sobre los distintos aspectos tratados en el aula, siguiendo el modelo de las preguntas tipo de la Pruebas de Acceso a la Universidad. La evaluación fue positiva en la totalidad de los alumnos con una puntuación superior a 7 puntos en una escala 0-10. Consideramos fundamental en

nuestro planteamiento la adquisición de una base suficiente de conocimientos sobre edafología para obtener un rendimiento óptimo en la fase siguiente, ya que permitirá una implicación directa del alumnado ya desde la fase de planteamiento de los experimentos, consiguiendo así un aprendizaje constructivo de los nuevos conocimientos.

**DESARROLLO PRÁCTICO**

La parte práctica fue desarrollada por un especialista en Edafología de la Universidad de Santiago de Compostela, en varias sesiones alternas en el centro y seguimiento posterior de los resultados recogidos por los alumnos, por correspondencia.

En una primera fase utilizó una sesión de 50 minutos para exponer aspectos generales de la investigación en Edafología, y la implicación que la erosión tiene en los procesos de desertización.

**Ejercicios**

Al finalizar esta sesión fueron propuestas a los alumnos varias cuestiones para su realización individual, previa a la realización de la fase experimental. Las **cuestiones** tuvieron como objetivo fundamental hacer ver a los alumnos la necesidad de utilizar un método y una forma de análisis cuantitativo para la realización de un experimento con validez científica.

Para la resolución de los ejercicios contaron con la colaboración de profesores del Departamento de Matemáticas. Las cuestiones fueron las siguientes:

**Ejercicio 1.** En una finca de veinticinco metros cuadrados se han recogido los siguientes datos de precipitación total y pérdidas de suelo por erosión (ver cuadro 1). Nuestro objetivo es ver la posible relación entre la cantidad de lluvia total (variable independiente) y las pérdidas de suelo (erosión).

Representa gráficamente los datos de la siguiente tabla y di que tipo de relación existe entre

ambos. Para ello representa en ordenadas las pérdidas de suelo.

Lluvia Total (mm)	Sedimento (gr)
3800	2470
2090	1800
1000	890
256	475
175	325
45	80
56	124
400	458,76
2960	2094
700	650,4

**Solución:** Los alumnos realizaron la representación en hojas de papel milimetrado, obteniendo una gráfica como la que se muestra en la Figura 1.

**Ejercicio 2.** ¿Por qué crees que es útil utilizar con estos datos (obtenidos experimentalmente) la recta de regresión?

**Solución:** Como se puede observar en la gráfica que los alumnos representaron; la correlación existente entre la lluvia caída y el sedimento perdido, explicita que la variable independiente, cantidad de lluvia, explica la variable dependiente, pérdida de sedimento; con lo cual el método matemático utilizado nos permite analizar la relación de variables estadísticas bidimensionales, y poder calcular uno de los valores en función del otro. La relación es una función lineal, dado que los puntos obtenidos en la gráfica (sedimento-lluvia) se condensan conforme a una línea que llamamos recta de regresión.

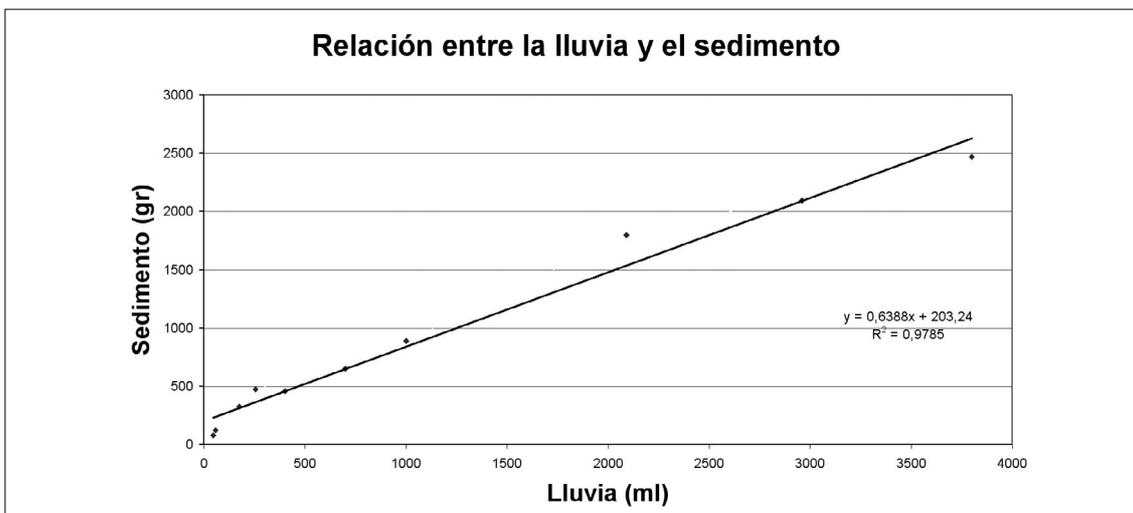


Figura 1: Relación entre la lluvia y la pérdida de suelo.

**Ejercicio 3.** Casualmente en esta parcela está previsto la realización de una obra pública. ¿Qué se debería hacer teniendo en cuenta la Carta Europea de los Suelos? ¿En que artículo te basarías?

La Carta Europea de los Suelos, promulgada por el Consejo de Europa, en 1972, es un recurso adecuado para valorar la importancia y conservación del suelo con los alumnos. Por eso, la reproducimos a continuación:

1- El suelo es uno de los bienes más apreciados de la humanidad. Permite la vida de los vegetales, de los animales y de las personas en la superficie de la tierra.

2- El suelo es un recurso limitado y fácil de destruir.

3- La sociedad industrial emplea el suelo para la agricultura, la industria y otros fines. La política de ordenación del territorio debe concebirse en función de las propiedades del suelo y de las necesidades de la población actual y futura.

4- Los agricultores y silvicultores deben de aplicar métodos que preserven la calidad del suelo.

5- Los suelos deben de ser protegidos contra la erosión.

6- Los suelos deben de ser protegidos contra la contaminación.

7- El desarrollo urbano debe de ser organizado de manera que cause el menor daño posible a las áreas vecinas.

8- La repercusión de las obras de ingeniería civil sobre los suelos debe de ser evaluada para adoptar las medidas de protección adecuadas.

**Solución:** Antes de realizar la obra es necesario realizar una evaluación previa de posible impacto, y si es necesario tomar las medidas de protección adecuadas (Artículo 8).

### Fase experimental

En una segunda fase, transcurridas dos semanas de la fase anterior, los alumnos asesorados por los profesores diseñaron la fase experimental que desarrollaron durante tres meses.

El objetivo fue la medición de la degradación que sufre el suelo en una cuesta-vertiente, en la zona de Peña Rota, a la salida de Sala de los Infantes (fotografía 1). La parcela está situada, siguiendo la carretera Salas de los Infantes-Najera, a unos 150 metros de la vía, a su lado izquierdo, en sentido Najera.

Tiene unas dimensiones de 1 m<sup>2</sup>; está orientada al noreste, con una ligera protección del viento norte-sur predominante, por dos elevaciones al este y al norte.

La parcela está prácticamente descubierta, exceptuando alguna zona de vegetación herbácea.

La parcela está incluida en suelo pardo, sobre las *Facies Weald*, del Cretácico inferior. Su origen

geológico es de ambiente deltaico, de influencia continental, predominado la arcillas sobre las arenas y limos.

Para la medición colocamos unos testigos en el terreno. Ésta técnica se conoce como *pin erosion* (Clavos de erosión) y nos proporciona las siguientes ventajas:

1. Conocer el progresivo rebajamiento del relieve (suelo) en un escenario dado sin detallar el proceso determinante que será básicamente las escorrentías superficiales y quizás el deslizamiento por costras de suelo congeladas o al ser arcillas el proceso de soliflucción (*creeping*).
2. Nos facilita el reconocimiento de un área concreta y en su caso es extensible a cuantas áreas fuera necesario.
3. Este método tiene la ventaja de que no necesita un seguimiento continuo, más bien esporádico. Los alumnos, acompañados del profesor, realizaron dos mediciones mensuales.

### Materiales y métodos.

El material necesario es el siguiente: un cuaderno de campo, clavos o puntas, arandelas de 6 mm, un calibre y un pluviómetro.

Los clavos no serán muy gruesos, menos de 5 mm de diámetro, para evitar una remoción excesiva del terreno circundante. Han de ser introducidos a una profundidad suficiente (la cabeza del clavo debe sobresalir de 20 a 50 mm del nivel general del terreno) para que eviten movimientos en masa o sean desmantelados por la propia pérdida de suelo. Fue introducida una arandela en el clavo para facilitar las tareas posteriores de medición (Sala y Gallart, 1988).

Las mediciones se realizaron con un calibre convencional, un pie de rey. Se realizaron dos mediciones en cada clavo como se puede observar en la fotografía 1, una vertiente abajo y la otra vertiente arriba.

Las medidas fueron tomadas siempre con respecto a la cabeza del clavo y desde la superficie superior de la arandela. Cuando existía un pedestal de tierra se limpió este hasta el punto que la arandela



Fotografía 1.- Grupo de alumnos y profesores durante la realización de la experimentación.

bajase a través del eje del clavo hasta asentarse de forma natural sobre el suelo.

Fueron colocados 9 clavos, nombrados desde P1 a P9, dispuestos en un cuadrado, con tres clavos en cada lado y un clavo central, como muestra la ilustración 1.

Además los alumnos hicieron un registro diario de pluviosidad, utilizando una estación meteorológica convencional en el propio centro.

#### Resultados y análisis de los mismos.

Se realizaron tres mediciones que arrojaron los datos de la Tabla 2.

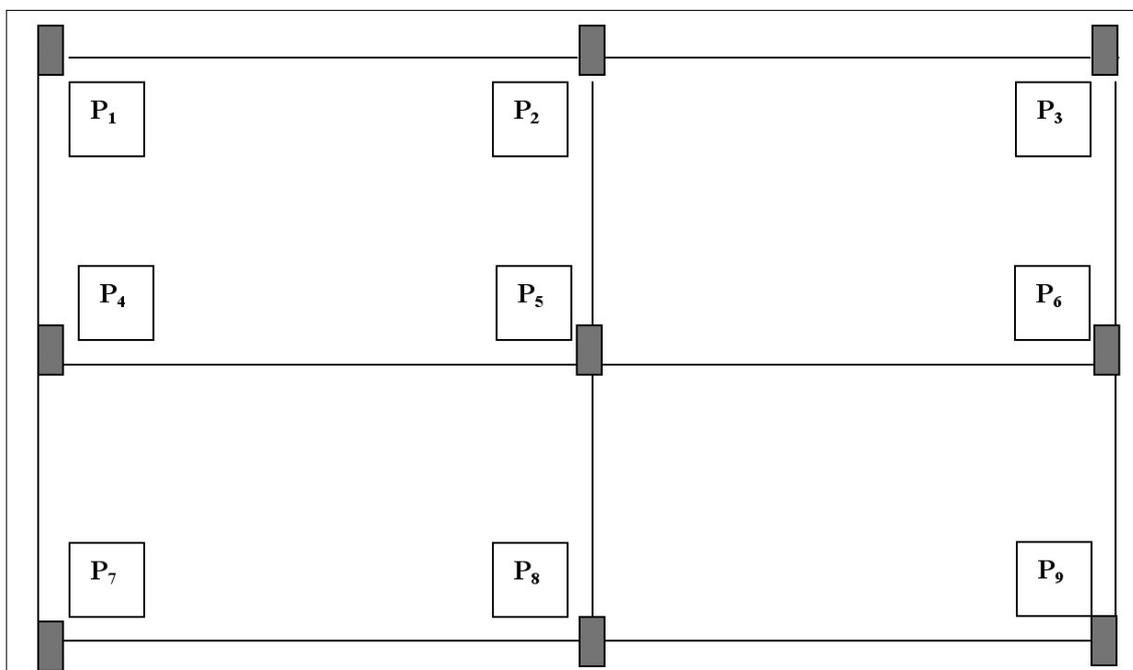


Ilustración 1. Distribución de los clavos de erosión en la parcela experimental

Medición del 08/02/98		Medición del 19/02/98					Medición del 17/03/98				
Clavos	Medida (cm)	Clavos	Medida (cm)	Variación (cm)	Lluvia (mm)	Temp. Min. (°C)	Clavos	Medida (cm)	Variación (cm)	Lluvia (mm)	Temp. Min. (°C)
P <sub>1</sub>	3,35	P <sub>1</sub>	3,68	-0,33	0	-2,3	P <sub>1</sub>	3,65	0,03	20,6	-3,2
P <sub>2</sub>	3,75	P <sub>2</sub>	3,96	-0,21	0	-2,3	P <sub>2</sub>	4,01	-0,05	20,6	-3,2
P <sub>3</sub>	3,94	P <sub>3</sub>	3,89	0,05	0	-2,3	P <sub>3</sub>	4,14	-0,25	20,6	-3,2
P <sub>4</sub>	4,28	P <sub>4</sub>	4	0,28	0	-2,3	P <sub>4</sub>	4,03	-0,03	20,6	-3,2
P <sub>5</sub>	3,16	P <sub>5</sub>	3,77	-0,61	0	-2,3	P <sub>5</sub>	3,9	-0,13	20,6	-3,2
P <sub>6</sub>	3,45	P <sub>6</sub>	3,38	0,07	0	-2,3	P <sub>6</sub>	3,43	-0,05	20,6	-3,2
P <sub>7</sub>	3,89	P <sub>7</sub>	4,34	-0,45	0	-2,3	P <sub>7</sub>	4,48	-0,14	20,6	-3,2
P <sub>8</sub>	4	P <sub>8</sub>	4,04	-0,04	0	-2,3	P <sub>8</sub>	4,17	-0,13	20,6	-3,2
P <sub>9</sub>	3,93	P <sub>9</sub>	4,25	-0,32	0	-2,3	P <sub>9</sub>	4,4	-0,15	20,6	-3,2

P<sub>5</sub>: Situado bajo pedestal de vegetación y en un rill (microtorrente que deposita)  
P<sub>7</sub>: Situado en una grieta (microdiacasa)

Tabla 2.- Diferentes mediciones y variaciones de las mismas.

La correspondencia de los datos de la Tabla 2 se visualiza en la Figura 2 lo cual nos lleva a una doble interpretación.

Primero: En el evento del 19 de febrero de 1998 se produjo un fenómeno geomorfológico conocido como gelivación, gelifración o crioclastismo al helarse el agua entre las diaclasas o microfisuras, ello provoca un aumento del volumen y un descenso del mismo al congelarse el agua y puesto que la temperatura mínima media fue algo inferior a 0° C (temperatura a la cual se congela el agua si la presión es de una atmósfera) justifica que se congelase el agua capilar y la acción del hielo fuese mayor pudiendo provocar un movimiento interno que produzca formas deleznales y conocido como crioturbación o geliturbación, provocando una erosión muy próxima a la erosión por periglacialismo.

Segundo: En el evento del 17 de marzo de 1998 hubo una acción erosiva mixta, por un lado una repetición de lo explicado para el evento del día 19 de febrero y por otro lado un claro proceso de erosión hídrica a causa de las lluvias producidas con anterioridad a esas fechas.

Como observación final y conjunta lo ocurrido en el cuadrante delimitado por los clavos de erosión podemos hablar de un ejemplo encuadrado en lo que se conoce como “modelo de escorrentía y zonas de erosión de Horton” en el cual los clavos P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> y P<sub>3</sub> se corresponderían con las zonas altas de la ladera y propensa a ser una zona sin erosión, los clavos P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, y P<sub>6</sub> situados a media ladera se implican con una zona de erosión activa y los clavos P<sub>7</sub>, P<sub>8</sub> y P<sub>9</sub> se ubican en una zona de sedimentación.

## EVALUACIÓN

Uno de nuestros objetivos era despertar en nuestros alumnos un interés por el proceso de in-

vestigación y el uso del método científico para poder establecer algún tipo de conclusión. Desde este punto de vista, consideramos que el objetivo se consiguió suficientemente. No fue necesario motivar al alumnado para el seguimiento y recogida de datos a lo largo del proceso experimental.

Desde el punto de vista de la adquisición de conocimientos de tipo conceptual, sobre la temática de erosión y desertización; la intervención del experto, la preparación previa y el propio proceso de investigación hizo que esta temática fuese la más consolidada a lo largo del curso. Se incluyeron cuestiones de erosión en todas las pruebas del curso y se observó un resultado positivo en los 7 alumnos de 2° de Bachillerato, con una diferencia notable de otras temáticas que fueron abordadas de forma más tradicional. En las pruebas de Acceso a la Universidad se incluyeron preguntas de erosión:

Pregunta de las Pruebas de Acceso a la Universidad, convocatoria de junio: *Definir erosión, desertización y desertificación. ¿Qué relación existe entre ellas?*

El 100 % de los alumnos superó la prueba correspondiente a la materia de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente.

Tres de los siete alumnos que participaron en el desarrollo y realización del proceso experimental iniciaron estudios universitarios en el curso siguiente, relacionados, de alguna manera, con esta temática; uno de ellos en la licenciatura de Ciencias Geológicas y dos en la licenciatura de Ciencias Ambientales.

En relación a la introducción de esta unidad en el *currículum* del curso, valoramos muy positivamente el ser una actividad que no creó dificultades en la temporalización del resto de las unidades didácticas, aspecto importante en 2° curso de Bachi-

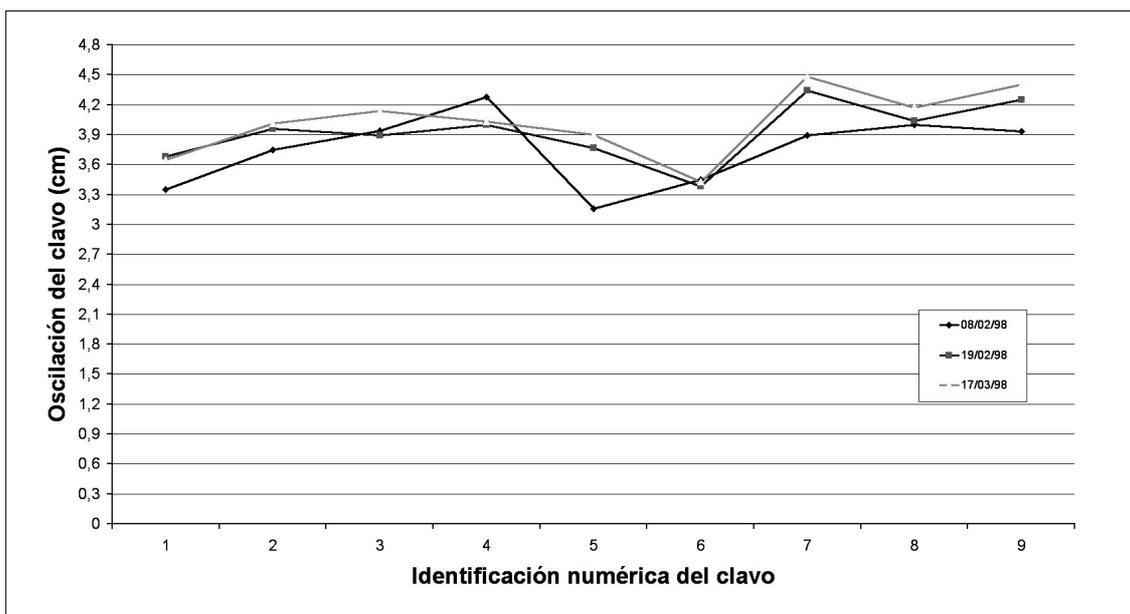


Figura 2.- Gráfico de líneas que muestra la evolución de cada clavo

lterato. La parte práctica necesitó poco tiempo dedicado para los buenos resultados pedagógicos obtenidos.

El material utilizado supone un gasto muy bajo en material, asequible perfectamente al presupuesto de un Departamento de Biología y Geología.

## AGRADECIMIENTOS

A Elena Camarero, César García, Oscar González, Carmen Martínez, Raquel Molinero, Luis Ignacio Monedero y Jorge de Pablo; por su colaboración en la organización y desarrollo de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Escarré Esteve, A; Equipo Oikos. (1997). *Ciencias de la tierra y del medio ambiente*. Santillana Bachillerato. Madrid.
- González-Hidalgo, J.C. (1996). *Los índices de agresividad de la lluvia y su aplicación en la valoración de la erosión del suelo*. Cuadernos técnicos de la S.E.G. nº 10. Sociedad Española de Geomorfología. Geoforma Ediciones. Logroño.
- Hudson, N. W. (1976). *Soil conservation*. BT. Batsford, London (England).
- Jiménez, M. (1998). *Erosión y desertificación*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. 6.2. pp.: 187-191.
- Kirkby, M. J. & Morgan, R. P. C. (1991). *Erosión de suelos*. Limusa. México.
- Lopez-Bermudez, F. y otros (1993). *Medidas de flujos de agua y sedimentos en parcelas experimentales*. Cuadernos técnicos de la S.E.G. nº 6. Sociedad Española de Geomorfología. Geoforma Ediciones. Logroño
- Marqués, M. A. (1996). *El concepto de erosión*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. 4.3. pp.: 198-202.
- Morgan, R.P.C. (1986). *Soil erosion & conservation*. Longman Scientific & Technical. New York.
- Pérez Soba, A; Barrientos, F. (1988). *El programa Lucdeme en el sureste de España para combatir la desertificación en la región mediterránea*. Desertificación en Europa. M.O.P.U. Madrid.
- Sala, M.; Gallart F. (1988) *Métodos y técnicas para la medición en el campo de procesos geomorfológicos*. Sociedad Española de Geomorfología. Barcelona.
- Sancho, C.; Benito, G y Gutiérrez, M. (1991). *Agujas de erosión y perfiladores microtopográficos*. Cuadernos técnicos de la S.E.G. nº 2. Sociedad Española de Geomorfología. Geoforma Ediciones. Logroño
- Vila García, R. (1996). *A erosión en cultivos tradicionais de Galicia*. Unha investigación en parcelas experimentales cultivadas. Departamento de Xeografía. Teses de Licenciatura. Universidade de Santiago. Inédita.
- Vizmanos, J.R.; Asensio, R. (1976). *Bioestadística*. Vizmanos y Asensio. Madrid. ■