

CD-ROM PARA ALMACENAR INFORMACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE DE SUELOS DE CULTIVO

Taboada Castro, M^a. M., Paz González A. y Vivas Miranda, J. G.

Facultad de Ciencias. Universidad de A Coruña. A Zapateira. 15.071. A Coruña

SUMMARY

Storing information about surface evolution of cultivated soils in CD-ROM

A code was elaborated in order to store in CD-ROM information about surface evolution of cultivated soils. The aim of this work was to make easier the analysis of soil surface evolution and crust formation of cultivated soils as induced by rainfall. The general idea was to produce a database containing information about the evolution of the main soil morphological characteristics. At the same time, an interactive code was developed in order to work towards such a database. The programme structure, in the CD-ROM, consist of three interactive routines, which allow carrying out the following tasks: to manage the database, to look up selected data sets and to display graphs and/or charts. The first module makes feasible addition, modification or deletion of pieces of information about the soil surface state. The second module provides watching at the stored data after selection and or classification according to attributes such as observation date, cumulative rainfall or soil morphological characteristics. The third module allows the display of photos of the studied soil surface and also allows the analysis of the relationship between rainfall and different indices of morphological evolution such as aggregate minimum diameter, roughness and erosion intensity.

Key words: Soil tillage, surface crusting, runoff, database, CD-ROM.

RESUMEN

Se elaboró un programa para almacenar en soporte CD-ROM información relativa a la evolución de la superficie de suelos de cultivo, con el objetivo de facilitar el análisis de la susceptibilidad al encostrado por la acción del agua de lluvia. A tal efecto, se creó una base de datos, con información semicuantitativa referente a la evolución de las principales características macromorfológicas del suelo, y se desarrolló un programa para gestionar la misma. La estructura general del programa consta de 3 módulos, que permiten realizar las siguientes operaciones: gestionar la base de datos, efectuar consultas y visualizar gráficos. En el primer módulo existe la posibilidad de añadir, modificar o borrar información acerca de la superficie estudiada. El segundo módulo permite la consulta de los datos seleccionados y/o ordenados de acuerdo con la fecha de observación, precipitación acumulada, y determinadas características morfológicas del suelo. El tercer módulo facilita la visualización de series de fotografías de la superficie estudiada en fechas sucesivas, al tiempo que permite relacionar las mismas con la precipitación acumulada, y diversos índices de evolución morfológica como diámetro mínimo de los agregados, rugosidad, porosidad y grado de erosión.

Palabras clave: Laboreo, encostrado, escorrentía, base de datos, CD-ROM.

INTRODUCCIÓN

Si bien, el concepto de sostenibilidad resulta difícil de definir, en la práctica se puede considerar manejo sostenible a la utilización conjunta de tecnología, política agraria y actividades que tengan en cuenta las características globales de un agroecosistema, cuando el objetivo a lograr es la armonización entre los principios socioeconómicos y la conservación del medio ambiente.

Diversos autores consideran que, para lograr la operatividad del concepto de agricultura sostenible, es necesario el desarrollo de un armazón o sistema conceptual previo. En consecuencia, uno de los problemas básicos actuales es la puesta a punto de técnicas de evaluación del grado de desarrollo sostenible alcanzado por un sistema agrícola determinado, preferentemente en términos cuantitativos, así como el perfeccionamiento de los instrumentos para registrar los cambios que afectan al mismo.

Cada vez con mayor frecuencia, muchos estudios atribuyen la degradación de los suelos agrícolas, y la contaminación ambiental asociada a ella, a un manejo inadecuado, es decir, no sostenible. Los procesos de erosión y transporte juegan un papel fundamental en la transferencia de nutrientes y contaminantes desde los ecosistemas terrestres a los acuáticos (KRONVANG, 1990; MORGAN, 1997). Por ello, las técnicas más modernas de manejo de los suelos agrícolas, entre ellas la prevención de la erosión, ya no pueden centrarse exclusivamente en la productividad, sino que deben de considerar otros aspectos, como la incidencia de las labores agrícolas en la carga contaminante difusa.

La intensidad y magnitud de las pérdidas de suelo es función del tipo y naturaleza de los procesos erosivos. Actualmente, la erosión de las tierras de cultivo se admite que presenta una amplia variación espacial y temporal, en función de características climáticas, geomorfológicas, edafológicas y agronómicas (LUDWIG *et al.*, 1996). En clima templado-húmedo, se ha puesto en evidencia que uno de los principales factores de los que depende la intensidad de la erosión concentrada en surcos es el estado de la superficie del suelo, de modo que los riesgos se ven acrecentados cuando una proporción importante de la superficie carece de cubierta vegetal. Además, un gran número de suelos de texturas medias (francas y limosas) presentan una elevada

susceptibilidad a la formación de una costra superficial por acción del agua de lluvia, lo que favorece la formación de escorrentía laminar, que posteriormente puede concentrarse a favor de motivos lineales de origen topográfico o agrícola. En definitiva, junto con el contexto pluviométrico, la ocupación del suelo y la textura del mismo, son los principales factores de los que depende la producción de arroyada (LUDWIG *et al.*, 1996; VANSTEELANT *et al.*, 1997; CACHEIRO *et al.*; 1988; VALCÁRCEL ARMESTO, 1999).

El análisis espacial y temporal del área que contribuye a la génesis de escorrentía se puede llevar a cabo a partir de la observación del estado de la superficie del suelo. BOIFFIN (1984) propuso efectuar una descripción morfológica de la superficie mediante un conjunto de características semicuantitativas, como el diámetro mínimo de los agregados no encostrados en la fecha de observación, la importancia de la rugosidad del microrrelieve, las dimensiones de los surcos de erosión, etc. Algunos de estos parámetros están correlacionados con propiedades del suelo de las que depende en mayor medida la magnitud de la escorrentía como, por ejemplo, la velocidad de infiltración y la retención temporal de agua en las depresiones del microrrelieve. Además, las descripciones morfológicas permiten analizar el desarrollo a lo largo del tiempo de la costra superficial en una parcela determinada y comparar entre sí parcelas con distintos tratamientos (TABOADA CASTRO *et al.*, 1999).

La organización de la información es primordial para el análisis de procesos en los que intervienen distintas variables. Las observaciones sobre el terreno con frecuencia proporcionan una serie de valores, referidos a varios parámetros, que pueden estar o no interrelacionados entre sí. Al estudiar la génesis y evolución de la degradación de la superficie del suelo a partir de datos morfológicos semicuantitativos, el número de variables que se consideran es amplio. Por ello, la metodología de almacenamiento y manejo de la información debe permitir la posibilidad de ordenar los datos correspondientes a fechas diferentes y a diversas unidades espaciales y de cruzarlos entre sí para la comparación de los mismos, de modo que se puedan poner en evidencia las posibles interacciones entre las variables registradas en fechas sucesivas y en distintas parcelas. En este trabajo se propone la utilización del soporte CD-ROM para facilitar el análisis de información relativa a la

evolución de la superficie del suelo, obtenida mediante descripción semicuantitativa de siete parámetros, relacionándolos entre sí y con la precipitación durante un período, que suele coincidir con un ciclo vegetativo. A priori, el método propuesto presenta ventajas como la presentación estandar de resultados para las diversas variables registradas en campo, la unificación del formato de los mismos y el fácil acceso a la información almacenada. Con este propósito se creó una base de datos que permite almacenar la información básica de cada parcela estudiada, al tiempo que para el análisis y uso de dicha información, se elaboró un programa que gestiona la ordenación y visualización de la misma.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para elaborar la base de datos, se utilizó el programa Microsoft, debido a su facilidad en el manejo de ficheros con imágenes. Las imágenes fotográficas que se almacenan pueden ser tomadas con una cámara convencional o con una cámara digital; en el primer caso el escaneado de la fotografía permite la obtención de una imagen que se puede insertar directamente en la base de datos.

El objetivo del programa gestor es la organización y manipulación de la información contenida en la base de datos. Está creado en Visual Basic y Access Visual Basic, consiguiéndose de esta forma un entorno dinámico y visual de gestión.

La descripción de las características morfológicas se llevó a cabo según la metodología propuesta por BOIFFIN (1994), que ha sido descrita y discutida más ampliamente en un trabajo anterior (TABOADA CASTRO *et al.*, 1999).

VARIABLES DE LA BASE DE DATOS

La información almacenada en la base de datos se puede agrupar en las cuatro categorías siguientes:

- 1) Identificación de la parcela, por un nombre y/o referencia al propietario.
- 2) Imagen fotográfica del estado de la superficie en la fecha de observación.
- 3) Precipitación acumulativa, tomando como tiempo cero la superficie recién labrada.
- 4) Características morfológicas de la superficie.

Las características morfológicas estudiadas deben de dar cuenta de la diferenciación apreciada durante la degradación de la estructura del suelo. El estado de la superficie del suelo en condiciones de campo presenta una notable heterogeneidad y la velocidad de disgregación, así como la susceptibilidad a la formación de costra depende de numerosos factores. En definitiva, la cronología de estos fenómenos resulta difícil de prever. A pesar de la variabilidad, de acuerdo con BOIFFIN (1984) la evolución de la superficie obedece a un esquema general, de modo que independientemente de las condiciones particulares, puede caracterizarse considerando los siguientes parámetros: estado de la superficie, diámetro mínimo de los agregados, rugosidad, poros y grietas, humedad y presencia de escorrentía

Estado de la superficie: Se ha observado que en diferentes condiciones se desarrollan sucesivamente tres grandes tipos de facies estructurales en la superficie del suelo:

- F0, facies fragmentaria inicial. Se aprecian agregados muy pequeños, bien delimitados y separados de sus vecinos. La superficie es caótica y totalmente heterogénea.
- F1, facies fragmentada, alterada. En relación a la facies inicial presenta agregados de aspecto continuo, fácilmente delimitados; los fragmentos de menor tamaño han desaparecido. El aspecto de la superficie es menos rugoso.
- F2 facies continua. Disminuye aún más la rugosidad y se observan síntomas de acumulación en las depresiones del microrrelieve. El aspecto es bastante homogéneo y la superficie presenta muestras evidentes de fuerte encostramiento.

La transición entre la facies F1 y F2, con frecuencia es muy brusca. Sin embargo, se distinguen una serie de facies intermedias entre las anteriores (F0+, F1-, F1+, F1/2-, F1/2+, F2-, F2+).

Diámetro mínimo de los agregados: Se trata del diámetro mínimo (en mm) de los agregados que todavía no están incorporados a la costra del suelo en el momento de la observación.

Rugosidad: Se mide perpendicular y paralelamente a la dirección de laboreo. La medida da cuenta de la diferencia de altura entre el fondo de las microdepresiones locales y el punto más próximo por el que fluiría el agua de escorrentía.

Porosidad: Se trata de determinar la densidad de macroporos, referidos al número de ellos por m² de superficie. De esta cifra depende la infiltración. La cantidad de poros disminuye a medida que se desarrolla el sellado de la superficie; acaban por desaparecer en estadios muy evolucionados.

Grietas: Se observa la presencia o ausencia de las mismas. Si están presentes, se efectúa una estimación visual de su densidad en m/m².

Humedad: Se anota si la superficie está saturada, húmeda o seca. Se estima visualmente el porcentaje de superficie húmeda y encharcada.

Escorrentía: Se efectúa una estimación visual de la distancia (decimétrica, centimétrica, métrica) que alcanzó el desplazamiento o flujo de materiales por escorrentía. Se consideran una clase sin escorrentía y cuatro clases con desplazamientos centimétricos, decimétricos, decamétricos y hectométricos.

Fecha Observ.	P (mm)	Estado	D mín. (mm)	Rugosidad		Poros (%)	Grietas (m/m ²)	Humedad (%)	Flujo
				Paralela	Perpend.				
10-3-97	0	F0	<1	R2	R3	P3	0	0	R00
2-4-97	0.5	F0+	1	R2	R3	P3	0	0	R00
9-4-97	8.6	F1-	2	R2	R2	P3	0	100	R00
24-4-97	19.6	F1-	2.5	R2	R2	P3	0	0	R00
30-4-97	24.9	F1	4	R2	R2	P3	0	30	R00
12-5-97	81.4	F1+	5	R1	R2	P2	0.5	100	R01
18-5-97	92.7	F1+	6	R1	R2	P1	3.5	100	R01
23-5-97	112.3	F1/2	8	R1	R2	P1	0.5	100	R01
28-5-97	169.8	F2-	10	R1	R1	P1	0	100	R01
12-6-97	255.6	F2	12	R0	R0	P1	0.5	80	R01
30-6-97	329,4	F2+	>20	R0	R0	P1	0	100	R02
7-7-97	345,1	F2+	>20	R0	R0	P0-P1	0	70	R02

Tabla 1. Ejemplo de ficha con descripciones morfológicas de una parcela en fechas sucesivas.

En la tabla 1 se presenta un ejemplo de los datos obtenidos mediante descripción morfológica, elaborado por TABOADA CASTRO (1998). Estos datos se utilizarán para ilustrar las prestaciones del CD-ROM.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado, se lleva a cabo la descripción de las prestaciones del programa gestor y se discute la utilidad del mismo.

Programa Gestor

El programa desarrollado consta de 3 módulos, estructurados de tal forma que permiten efectuar las siguientes operaciones:

- a) gestionar la base de datos (Opción EDITAR),
- b) efectuar consultas (opción CONSULTAR) y
- c) visualizar gráficos (opción GRÁFICOS)

El menú principal del programa (fig. 1) hace posible la selección de cada uno de estos tres módulos.

Módulo de EDICIÓN: Este módulo permite añadir, modificar o borrar datos. Cada unidad de información de la base de datos constituye un registro. En un registro, por tanto, se almacenan todos los datos tomados durante una fecha de observación, es decir, las variables descritas en el apartado anterior (fig. 2).

Hay una clave de identificación para cada registro, que se hace coincidir con la localización del mismo, de modo que se puede identificar la parcela experimental. La importancia de esta clave se comprende, si se tiene en cuenta que permitirá identificar a una secuencia de evolución temporal de la superficie (clase) para una misma parcela, por lo que quizá sea la variable más importante del registro.

Este módulo también presenta la posibilidad de crear subclases. Es decir dentro de una clase o secuencia de evolución temporal se podrán separar distintos subperíodos de interés particular y llevar a cabo una evaluación de los mismos por separado o referirlas al conjunto global, usando por ejemplo los valores medios de un parámetro.



Figura 1. Menú principal del programa en CD-ROM.

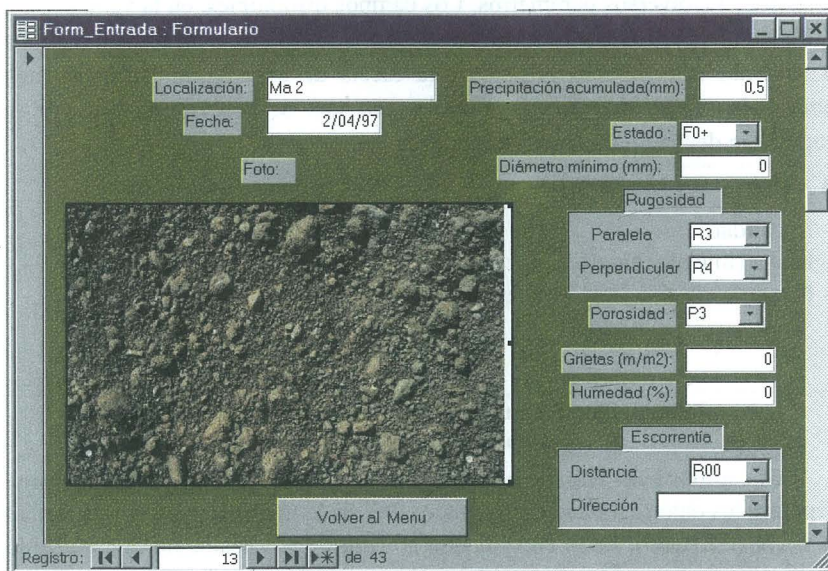


Figura 2. Ventana de edición de los registros.

De este modo, y a título de ejemplo, se podrá crear una clase identificada por “CORUÑA” (todas las parcelas de esta provincia), con subclases “CORUÑA-MABEG” y “CORUÑA-LIÑA” (referente a parcelas de las localidades de Mabegondo y Liñares). A su vez, dentro de cada subclase es posible crear subdivisiones como “CORUÑA-MABEG-FC1” y “CORUÑA-MABEG-FC2”. En la práctica, para visualizar un gráfico que represente la evolución de determinada variable, como el diámetro mínimo, de la parcela FC2 será necesario teclear en la clave de búsqueda “CORUÑA-MABEG-FC2”; sin embargo, si se pretende obtener una visualización global con características de dos parcelas (mediante el dato medio) bastará con teclear “CORUÑA-MABEG*” (el efecto del carácter “*” será explicado en la sección dedicada al módulo consulta).

Módulo de CONSULTA: Este módulo presenta las opciones de separar y/o ordenar las series de datos. Mediante filtrado se puede separar una clase en un rango de clases o una subclase atendiendo a criterios como la localidad de la observación, la fecha de la misma o el estado evolutivo de la superficie. El programa también ofrece la posibilidad de ordenación de las series de datos atendiendo a diversos parámetros. Los campos disponibles, en la versión aquí presentada, para ordenar y filtrar los datos de campo se presentan en la Tabla 2. Además este módulo presenta otra faceta de interés, que estriba en que admite la posibilidad de visualización de una secuencia evolutiva de la superficie del suelo mediante fotografías.

Campos para efectuar filtrado	Campos para ordenación
<ul style="list-style-type: none"> - Localidad - Fecha (inicial y final) - Estado evolutivo (inicial y final) 	<ul style="list-style-type: none"> - Fecha - Precipitación acumulativa - Estadio evolutivo - Diámetro mínimo - Porosidad

Tabla 2. Campos para separar y ordenar la información contenida en la base de datos.

Los campos para filtrado se excluyen entre sí, de forma que el programa separará los datos aplicando el operador “Y” de la lógica Booleana (Localidad Y Fecha Y Estado). En el caso de que el valor de la variable no esté definido en la tabla de datos, el programa tomará en consideración los valores máximo o mínimo posible de la misma.

Así, por ejemplo, en caso de que no esté definido el campo “Localidad” por defecto serán aceptadas todas las localidades. Por otra parte, el caracter “*” puede ser utilizado para la búsqueda de registros desconocidos. Por ejemplo, tecleando “CORUÑA-*” serán seleccionados todos los registros que comiencen por CORUÑA-, o en el caso de introducir la expresión “*FC1”, el programa buscará los registros que terminen con FC1.

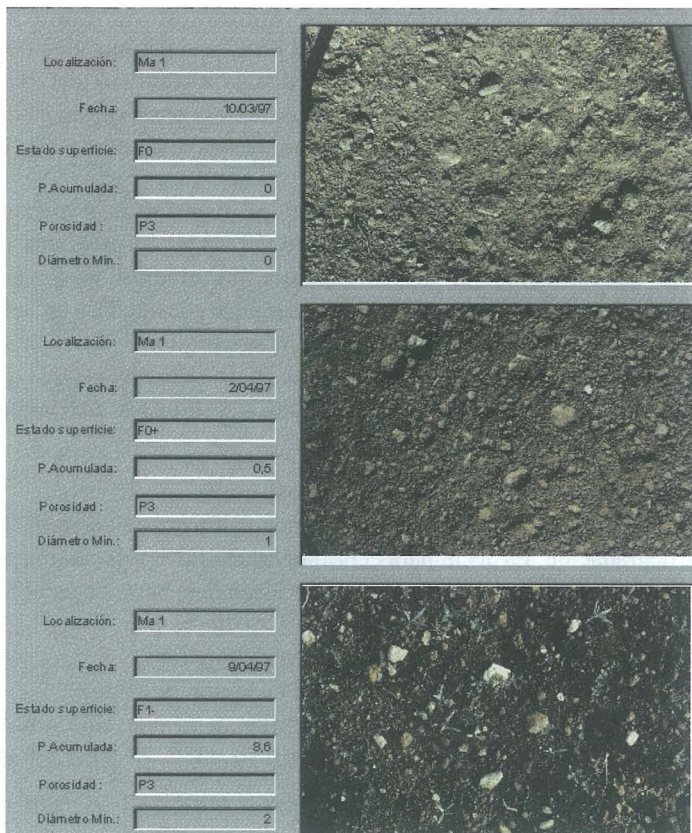


Figura 3. Ejemplo de una consulta ordenada por fechas.

En relación con el campo “Fecha”, se filtrarán los registros con fecha posterior o igual que la fecha inicial y anterior o igual que la fecha final. Si solamente se introduce la fecha inicial se asumirá el rango de registros que tengan fecha posteriores o iguales a ésta. En caso contrario, el filtro será aplicado sobre todos los registros con fecha anteriores o iguales a la fecha final.

Por lo que atañe al campo “Estado”, serán seleccionados los registros que tengan estados evolutivos entre el rango definido en los campos estado inicial y estado final. Si no se introduce el estado final el programa considera el último estado en orden creciente de degradación (facies F3₋). Lo mismo ocurre con el estado inicial, que en caso de no ser introducido, se asumirá que no ha comenzado la degradación (facies F0).

Además, con independencia del filtro, el programa permite elegir el orden en que se exhiben los registros. Ello facilita la evaluación del estado de evolución de una superficie tomando como criterio la observación de distintas variables. Un ejemplo de consulta ordenada por fechas se muestra en la figura 3.

Módulo de GRÁFICOS: Su función es representar y organizar la información almacenada sobre la superficie del suelo. El programa en CD-ROM no estaría completo si no existiese un módulo para visualizar gráficamente la evolución temporal de las variables consignadas en la base de datos. Este módulo utiliza gráficos (X,Y) en donde el eje X representa el tiempo (fecha de la observación) y el eje Y, la variable elegida para su representación. En esta versión del programa las variables disponibles para representar frente al tiempo son:

- Precipitación acumulada (en milímetros).
- Estadio de degradación (representado por el número de orden de la facies de degradación. Es decir, para el primer estado F0 el valor en el eje Y será 1, para el segundo F0+ será 2, y así sucesivamente hasta llegar al F3+ que será el 14).
- Diámetro mínimo de los agregados (en milímetros).
- Grietas (en metros de largo por metro cuadrado de suelo).
- Porosidad (expresada de modo similar a la variable estadio de degradación, siendo P0 substituido por 1, P1 por 2, P2 por 3 y P3 por 4).

De la misma forma que en el módulo anterior (CONSULTA), este módulo dispone de la posibilidad de filtrar los datos presentados en la gráfica. No obstante, sólo es posible aplicar el filtro en los campos de localización y fecha, de forma que para cada grupo de valores que coincidan en la misma fecha el programa facilitará una media aritmética, y este valor aparecerá representado en la gráfica. En la figura 4 se presenta a título de ejemplo un gráfico de precipitación acumulada para todo el período de observación de una parcela experimental localizada mediante la clave “Ma 1”.

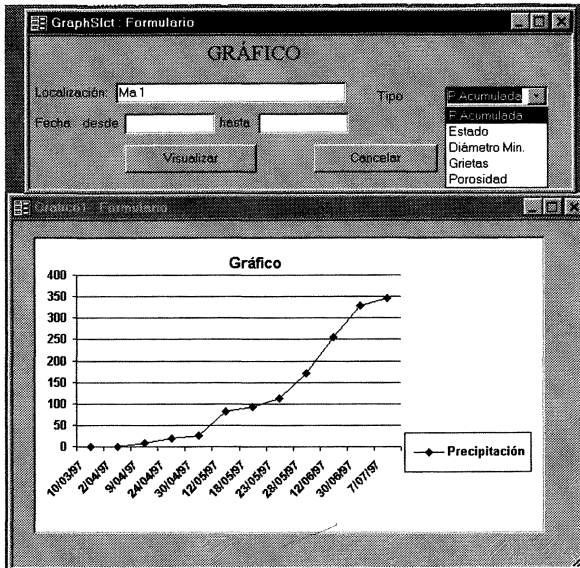


Figura 4. Ejemplo de una gráfica de precipitación acumulativa, obtenida automáticamente

Utilidad del programa

El tratamiento de los datos de evolución de la superficie del suelo propuesto en este trabajo puede ser muy útil para llevar a cabo una clasificación de los patrones de degradación de la misma, permitiendo la separación de un conjunto heterogéneo de parcelas en subclases más homogéneas. Con ello se facilita y simplifica el análisis de la dependencia de la degradación del suelo, un recurso no renovable, de factores externos como las prácticas agrícolas, y variables del medio físico como la precipitación y la textura del suelo.

La utilización de soporte CD-ROM para el análisis automatizado de bases de datos morfológicos semicuantitativos debe de simplificar los análisis de evolución de la superficie del suelo y facilitar la identificación de indicadores de sostenibilidad que permitan diagnosticar el estado de la superficie del suelo en una parcela agrícola. Los resultados pueden ser útiles para prevenir la degradación causada por la erosión hídrica y los efectos dañinos asociados al agua de arroyada.

CONCLUSIONES

Se desarrolló un programa que permite gestionar la información contenida en una base de datos almacenada en soporte CD-ROM. Dicho programa permite analizar de un modo integrado las interrelaciones entre el contexto pluviométrico y la evolución de la superficie del suelo; también facilita la visualización de fotografías correspondientes a los sucesivos estados evolutivos.

Los datos registrados en parcelas experimentales se tratan automáticamente pudiendo ser sometidos a procesos de filtrado atendiendo a criterios como la localidad, la fecha de observación y estado de evolución o bien ordenados en función de la fecha, precipitación acumulada, estado de evolución, diámetro mínimo de los agregados y porosidad.

BIBLIOGRAFÍA

BOIFFIN, J. 1984. *La dégradation structurale des couches superficielles sous l'action des pluies*. Thèse Docteur Ingenieur. Paris. INA-PG. 320 pp.

CACHEIRO, M., TABOADA, T., VALCÁRCEL, M. Y DAFONTE, J. 1998. Mapping rill erosion within a cultivated field using geostatistics and GIS. *V Int. Symp. on Analytical Methodology in the Environmental Field*. La Coruña. Spain.

KRONVANG, B. 1990. Sediment-associated phosphorus transport from two intensively farmed catchment areas. In: *Soil erosion on agricultural land*, edited by Boardman, J., Foster, I. D. L. and Dearing, J. A. Chichester. Wiley. pp 310-330.

LUDWIG, B., AUZET, A. V., BOIFFIN, J., PAPY, F., KING, D. ET CHADOEUF, J. 1996. États de surface, structure hydrographique et érosion en rigole de bassins versants cultivés du Nord de la France. *Étude et Gestion des Sols*, 3 : 53-69.

MORGAN, R. P. C. 1997. *Erosión y Conservación del suelo*. Mundi-Pensa. Madrid. 343 pp.

TABOADA CASTRO, M^a M. 1988. *Dinámica de la formación de costras superficiales en suelos de cultivo*. Tesis de Licenciatura. Universidad de A Coruña. 92 pp.

TABOADA CASTRO, M^a. M., PAZ GONZÁLEZ, A. y VALCÁRCEL ARMESTO, M. 1999. Condiciones de formación de la escorrentía en suelos de cultivo. En: *Avances sobre le estudio de la erosión hídrica*, editado por Paz González, A. y Taboada Castro, M^a. T. Colección Cursos, Congresos e Simposios, 52. Universidad de A Coruña. pp 69-100.

VANSTEELANT, J. Y., TRÉVISAN, D., PERRON., L., DORIOZ, J. M. ET ROYBIN, M. 1997. Conditions d'apparition du ruissellement dans les cultures annuelles de la region lémanique. Relation avec le fonctionnement des exploitations agricoles. *Agronomie*, 17 : 65-82.