

Romero Díaz, A., Quiñonero Rubio, J.M., López Martínez, M. y Ruiz Sinoga, J.D. (2010): Aplicación de técnicas SIG en el estudio de evaluación de degradación de suelos. Mazarrón (Murcia). En: Ojeda, J., Pita, M.F. y Vallejo, I. (Eds.), *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla. Pp. 1.074-1.089. ISBN: 978-84-472-1294

APLICACIÓN DE TÉCNICAS SIG EN EL ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE DEGRADACIÓN DE SUELOS. MAZARRÓN (MURCIA)

A. Romero Díaz¹, J.M. Quiñonero Rubio², M. López Martínez, J.D. Ruiz Sinoga³

(1) Dpto. de Geografía. Universidad de Murcia. Campus de La Merced, 30001 Murcia. E-mail:arodi@um.es

(2) CEBAS (CSIC), Campus de Espinardo, 30100 Espinardo, Murcia. E-mail: jmrbio@cebas.csic.es

(3) Dpto. de Geografía. Universidad de Málaga. Campus de Teatinos, 29071 Málaga. E-mail:sinoga@uma.es

RESUMEN

El objetivo general de este estudio ha sido evaluar el estado actual y los cambios que se han producido en algunas características edáficas del área de Mazarrón (Murcia) en un periodo de 20 años, en relación con los procesos de degradación. Para ello se han utilizado los resultados de dos muestreos de suelos realizados en un intervalo de veinte años (1988 y 2008). Se han analizado algunas de las características edáficas que más relación tienen con la vulnerabilidad de los suelos a la erosión (Textura, Materia orgánica y Pedregosidad) y de las cuales se disponía de datos en los dos muestreos.

Para la creación y análisis de la información espacial se han empleado dos Sistemas de Información Geográfica de software libre. Uno de ellos ha sido GvSIG, desarrollado por la Generalitat Valenciana y el programa GRASS. La metodología SIG empleada ha sido una herramienta fundamental para obtener la serie de capas de variables edáficas para los años 1988 y 2008.

Los resultados muestran como el área de estudio es bastante vulnerable a los procesos erosivos, sobre todo por erosión hídrica y antrópica, debido a las características de sus suelos. Riesgo que se incrementaría si en futuro se abandonaran los cultivos.

Palabras Clave: SIG libre, GRASS, parámetros edáficos, degradación de suelos, Murcia.

ABSTRACT

The main objective of these study is to evaluate the current situation and the changes occurred in some edaphic characteristics of the soils in the Mazarrón area (Murcia) in a twenty years period, in relation with the degradation processes. For these propose we have used the results of two soils samples carried out in a twenty years intervale (1988 and 2008). The characteristics more related with the vulnerability of the soil erosion (texture, organic matter and stoniness) of wich we had data of the two samples were evaluated.

Two Geographical Information System of free software have been used for the creation and analisis of the espacial information. One of these was GvSIG, developed by Generalitat Valenciana and GRASS programme. The GIS methodology carried out was a fundamental tool to obtain edaphic variables layers for the years 1988 and 2008.

The results show how the study area is very sensible to the erosive processes, specially by hidric and antropic erosion, because soil characteristics. This hazard would increase in a future if the land was abandoned.

Key Words: Free GIS, GRASS. edaphic parameters, soil degradation, Murcia.

1. INTRODUCCIÓN

Como es sabido, los suelos tienen diferente grado de erosionabilidad, definida como la resistencia del suelo a los procesos de desprendimiento y transporte. Aunque la resistencia de un suelo a la erosión depende, en parte, de su posición topográfica, pendiente y grado de alteración, las propiedades del suelo son muy importantes.

La erosionabilidad varía con la textura del suelo, la estabilidad de los agregados, la resistencia al esfuerzo cortante, la capacidad de infiltración y los contenidos minerales y orgánicos. El conocimiento de estos parámetros edáficos es un requisito previo para establecer las bases de evaluación del comportamiento del suelo. Aunque las mediciones aisladas de estas propiedades del suelo no indican con certeza una determinada propensión hacia su grado de erosionabilidad, algunas propiedades como: estabilidad de agregados, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico, pueden determinar su respuesta erosiva. Estas propiedades, son consideradas como reguladoras de la erodibilidad del suelo en ambientes semiáridos (Dunne *et al.*, 1991, citado por Morgan, 1986). El contenido de materia orgánica en el suelo se ha vinculado con propiedades como la Capacidad de Intercambio Catiónico y la erodibilidad de los suelos (Imeson y Vis, 1984; De Ploey y Poesen, 1985; Le Bissonnais, 1996; Boix-Fayos *et al.*, 2001; Cammeraat y Imeson, 1998; Cerdá, 1998). En el sur y sureste peninsular Ruíz Sinoga y Romero Díaz (2009) han constatado la relación directa existente entre precipitación, cantidad de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, estabilidad estructural y factor de resistencia del suelo a la erosión. Por otra parte, Romero Díaz y Ruíz Sinoga (2010) destacan a la MO como el parámetro edáfico más importante, que pudiera ser utilizado como indicador edáfico de degradación, por la relación directa que se ha comprobado tiene con parámetros indicadores de erodibilidad del suelo.

Las alteraciones en algunas propiedades físicas e hidrológicas de los suelos generan otras, en mayor o menor medida, dentro del sistema ecogeomorfológico, cuyo resultado final es la modificación de la tendencia evolutiva del mismo (Lavee *et al.* 1998). Por ello, el análisis de algunas propiedades físicas, hidrológicas o de algunas características inherentes a la biomasa, puede constituir un buen indicador para la determinación de la degradación del suelo (Morgan, 1986; Ruiz Sinoga y Romero Díaz, 2010), y esto es lo que se pretende analizar en esta investigación.

El objetivo general de este estudio ha sido valorar los cambios que se han producido en algunas características edáficas de los suelos de la Rambla de Las Moreras (Mazarrón) para tratar de conocer el estado actual de los suelos muestreados y las variaciones que han sufrido en 20 años, en relación con la erosión y la degradación de los mismos. Para ello, se han utilizado los datos de dos muestreos de suelos, el primero se llevó a cabo en 1988, con motivo de la confección del Mapa de suelos de la Hoja 976 de Mazarrón (Alias *et al.*, 1989) y el segundo 20 años después, para la realización de un proyecto de investigación (Ref: CGL2006-11635/BTE). Se han analizado las características edáficas que más relación tienen con la vulnerabilidad de los suelos a la erosión (Textura, Estabilidad de agregados, Materia orgánica, Pendiente, Profundidad, Pedregosidad y Cobertura vegetal del suelo). Cuando ha sido posible se han comparado los análisis de las muestras tomadas en 1988 y 2008. Se ha realizado una cartografía específica mediante SIG de los parámetros de suelos considerados para los dos muestreos disponibles (1988 y 2008) al objeto de analizar espacialmente las características edáficas seleccionadas y observar que áreas han sufrido modificaciones en el periodo de los 20 años considerados. De este modo se han detectado las áreas que han visto mejoradas sus características edáficas en relación con los procesos de erosión y degradación de los suelos, y cuales han experimentado los procesos contrarios.

2. AREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la cuenca de la Rambla de las Moreras y se localiza al sur de la Región de Murcia (Figura 1). La mayor parte de la superficie de la cuenca se engloba en la hoja 976 del mapa topográfico nacional a escala 1:50.000 de Mazarrón.

La litología predominante de la zona está constituida por rocas metamórficas (micaesquistos, cuarcitas y mármoles) localizadas en los relieves montañosos más importantes como la Sierras de Almenara (888 m),

Algarrobo y Moreras, de edad paleozoica y mesozoica; rocas volcánicas postorogénicas que aparecen bien representadas en los bordes de la cuenca de la Rambla de Las Moreras; margas y areniscas predominantemente de edad miocena; y sedimentos cuaternarios escasamente cohesionados que se localizan en las posiciones topográficas más bajas y que ocupan una amplia extensión. Alteraciones hidrotermales en las rocas volcánicas dieron lugar a importantes mineralizaciones de blenda, pirita y galena que fueron objeto de explotación minera en el siglo XX (Alias *et al.*, 1989).

La hidrografía de esta área está compuesta por numerosas ramblas, siendo la más importante la Rambla de Las Moreras con una superficie de 253 km². Sus principales cuencas tributarias son la Rambla del Canal (nº 1 de la figura 1), Reventón (nº 2), Baltasar (nº 3) y Las Yeseras (nº 4). La acción torrencial y erosiva de estas ramblas es alta como lo testimonian los depósitos que han generado, así como las inundaciones que en ocasiones han producido. Sirva como ejemplo la riada de 7 de septiembre de 1989, la mayor inundación que se recuerda y en la que desgraciadamente se produjeron víctimas humanas y enormes destrozos en cultivos e infraestructuras (Rodríguez Estrella, 1993; Romero Díaz y Maurandi Guirado, 2000).

Los suelos principalmente están constituidos por: Calcisoles háplicos y pétricos, Leptosoles líticos y rendisicos, Regosoles lepticos y calcáricos, Fluvisoles calcáricos y Phaeozems haplicos (Ortiz Silla *et al.*, 1994).

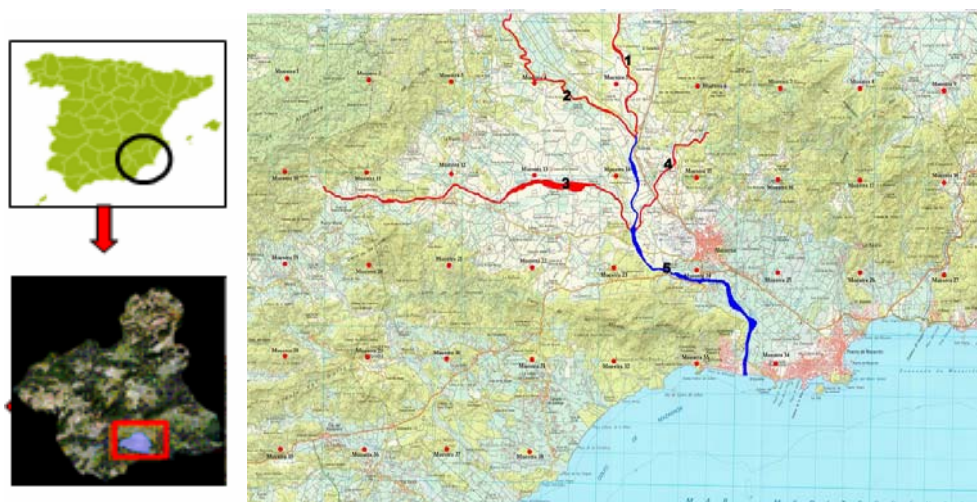


Figura 1. Localización del área de estudio, puntos de muestreo y Red de drenaje principal de la Rambla de Las Moreras.

La vegetación es escasa en la mayor parte de territorio y se caracteriza por ser una de las más singulares de la Región de Murcia, debido a sus variadas condiciones medioambientales (Alcaráz, 1989). En las áreas cercanas al litoral predominan los cornicales, lentiscos, palmitos y espartales termófilos. En algunas depresiones los cornicales son sustituidos por matorrales espinosos y abiertos. En zonas más continentales con posibilidad de heladas aparecen lentiscos, chaparros, genistas, romeros y tomillos. En las cumbres de las sierras de mayor altitud, como Almenara, aparecen algunos ejemplares de carrasca, no obstante, esta sierra destaca por la presencia de un bosque de pinos (*Pinus pinaster* y *Pinus nigra*) consecuencia de repoblaciones contemporáneas. En definitiva, a excepción de estos sectores repoblados, el área de estudio no tiene una vegetación especialmente densa que proteja a los suelos de los procesos erosivos.

Respecto a las condiciones climáticas, el área de estudio presenta un clima mediterráneo semiárido (Pérez Morales, 2007), caracterizado por la existencia de una larga sequía estival que coincide con las máximas temperaturas y una importante irregularidad interanual de las precipitaciones. Por ello, su rasgo más destacado es una aridez bastante acentuada. La precipitación media anual es inferior a 300 mm pero con índices de dispersión entre 200 y 450 mm. Las temperaturas medias oscilan entre los 10 y los 25°C correspondientes a los meses más fríos y cálidos del año (enero y agosto).

Los usos del suelo en este territorio han cambiado notablemente en las últimas décadas (Figura 2). Se ha producido una reducción de las superficies dedicadas a cultivos de secano a favor de las superficies dedicadas a cultivos de regadío y áreas urbanizadas. En 1956 los cultivos de regadío ocupaban el 4% de la

superficie, mientras que en el 2003 se extendieron al 26%; por el contrario, el 25% de la superficie en 1956 estaba ocupada por cultivos de secano frente al 3% en 2003. De igual modo se ha incrementado la superficie arbolada forestal y reducido ligeramente la superficie forestal no arbolada (Reverte Jiménez, 2008). Es de mencionar cómo los cambios en los usos del suelo son una de las principales causas de las variaciones en las propiedades de los mismos que aquí se pretende analizar.



Figura 2. Comparación de imágenes de 1956 (derecha) y 2003 (izquierda) del área costera de Mazarrón. Fuente: Romero Díaz y Alonso Sarría, 2007.

3. METODOLOGÍA

3.1. Parámetros edáficos

Para evaluar y tratar de determinar los cambios producidos en las características edáficas, así como la erosionabilidad de los suelos se han tenido en cuenta los resultados de dos muestreos de suelos realizados por el Área de Edafología de la Universidad de Murcia en el área de Mazarrón (Murcia).

El primer muestreo se realizó en 1988 dentro del proyecto LUCDEME, con motivo de la confección del Mapa de suelos de la Hoja 976 de Mazarrón (Alias *et al.*, 1989) y el segundo 20 años después, en el marco de un proyecto de investigación. Los muestreos realizados consistieron en 41 muestras de suelos de capa arable (en su capa superficial) obtenidas según una malla de 3x3 km en la hoja 978 de Mazarrón.

Los métodos de análisis empleados se corresponden con los utilizados para la elaboración de los mapas de suelos realizados en el proyecto LUCDEME. La estabilidad de agregados se ha medido según el método de Lax *et al.*, (1994) tomando agregados de suelo con tamaño comprendido entre 0.2 y 4 mm y determinando el porcentaje que es resistente a una lluvia de 150 ml con una energía cinética de 270 J m⁻². En el muestreo del 2008 se han tomado el mismo número de muestras, aproximadamente en los mismos lugares, ya que se disponía de las coordenadas iniciales.

Con independencia de la cartografía realizada, se han analizado las características edáficas que más relación tienen con la mayor o menor vulnerabilidad de los suelos a la erosión. Cuando ha sido posible se han comparado los análisis de las muestras tomadas en 1988 y 2008. Las características de suelos analizadas han sido las siguientes: (1) Textura, (2) Estabilidad de agregados, (3) Materia orgánica, (4) Pendiente, (5) Profundidad, (6) Pedregosidad y (7) Cobertura vegetal del suelo (López Martínez, 2010). En este trabajo tan sólo se presentan la textura, materia orgánica y pedregosidad por ser los parámetros que se han tratado con técnicas SIG.

3.2. Metodología SIG para la creación de mapas de variables edáficas

Para la creación y análisis de la información espacial incluida en este trabajo, se han empleado dos Sistemas de Información Geográfica diferentes, ambos definidos como *software libre*. Uno de estos programas es GvSIG, desarrollado por la *Generalitat Valenciana* y considerado uno de los programas SIG más extendido en España. Su aprendizaje es fácil e intuitivo, y en las últimas versiones (1.9 *alpha*) desarrolla funciones avanzadas de gran interés para el análisis geográfico. Por otro lado, se ha empleado el programa GRASS con el fin de realizar las operaciones de cálculo más pesadas y complejas, gracias a su gran potencial y su versatilidad. Su aprendizaje es más lento y complejo pero los resultados son sin duda de mayor calidad. Las últimas versiones de este programa y las nuevas interfaces gráficas han logrado una mayor facilidad de aprendizaje para usuarios principiantes.

La metodología SIG empleada y las herramientas aquí descritas constituyen el paso fundamental para obtener una serie de capas que representan las variables fundamentales estudiadas en este trabajo para los años 1988 y 2008.

El primer paso desarrollado en GvSIG ha consistido en la creación de capas vectoriales de puntos a partir de una base de datos que contenía las coordenadas geográficas de una serie de muestras recogidas en campo, por lo que el trabajo se ha facilitado enormemente. A partir de esta información se ha creado una tabla de datos con formato .csv en Excell. Este formato se puede integrar en GvSIG, ya que sólo hay que identificar qué columnas de la tabla se corresponden con las coordenadas geográficas de las muestras anteriormente comentadas. Automáticamente la tabla queda integrada en el sistema como una capa vectorial de puntos, que a su vez contiene toda la información de las distintas variables medidas en campo.

El siguiente paso y fundamental para obtener los mapas citados consiste en la migración de estas capas vectoriales a un proyecto GRASS. Esta importación de información resulta fácil gracias al comando *v.in.ogr*, que permite la importación de capas vectoriales de forma correcta, especialmente sin que exista conflicto respecto al Sistema de Referencia Espacial gracias a las posibilidades que ofrece.

Una vez integrada la capa vectorial en GRASS se ha realizado un proceso de interpolación básico en el que se ha empleado una resolución de 50 metros teniendo en cuenta la extensión de la superficie estudiada y la pobreza de los datos manejados. El método de interpolación empleado ha sido *splines*, ya que la densidad de datos de campo y su localización en matriz regular no es del todo apta para obtener resultados óptimos, a esto hay que sumar los errores de borde que se van a generar en el proceso de interpolación ya que el área de estudio es una zona de costa y por tanto existe una importante laguna de datos en el sector marítimo. El comando para realizar la interpolación es *v.surf.rst*, el cual permite obtener las capas raster deseadas de cada una de las variables que contiene la tabla de datos de la capa vectorial original. Hay diferentes parámetros de ajuste en este comando, el fundamental es el parámetro *tensión* que determina el suavizado final de la superficie raster creada tras la interpolación de los datos. El valor de *tensión* empleado en este trabajo para la totalidad de las capas ha sido de 40.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado de método SIG empleado muestra cómo han evolucionado las distintas características edáficas a lo largo del periodo de estudio 1988-2008.

La comparativa se ha realizado entre las características edáficas de las que se disponía de datos en ambos muestreos: (1) Proporción de arcillas, (2) Proporción de limos, (3) Proporción de arenas, (4) Proporción de materia orgánica y (5) Pedregosidad

4.1. Textura

La textura de los suelos suele considerarse una de las características más importantes a tener en cuenta debido a su estrecha relación con la cohesión del suelo, así como con la permeabilidad del mismo, lo que se traduce en una mayor o menor estabilidad de sus agregados. Se ha demostrado que las partículas de mayor tamaño son resistentes al transporte debido a la mayor fuerza para arrastrarlas y las partículas finas son resistentes al desprendimiento por su cohesión. Las partículas menos resistentes son los limos y las arenas finas. Por tanto, suelos con un alto contenido de limos o de arenas serían muy erosionables ya que son incapaces de almacenar agua suficiente como para permitir el buen crecimiento de las plantas y pierden grandes cantidades de minerales nutrientes por lixiviación hacia el subsuelo. Por los análisis realizados se ha podido observar como la fracción granulométrica de mayor proporción, en ambos muestreos, es la arena, seguida de los limos y las arcillas. Por lo que se puede indicar que los suelos de la Rambla de las Moreras son suelos poco cohesivos y de fácil alteración.

Richter y Negendank (1977) demostraron que los suelos con un contenido del 40 al 60% de limos son más erosionables. En nuestro caso el porcentaje medio de limos para 1988 es de un 40% y de un 37% para 2008; no obstante, muchas de las muestras poseen valores muy superiores, alcanzando en algunos casos valores del 60%.

Otros autores como Kirkby y Morgan (1984), prefieren otorgar la erosionabilidad en función del contenido de arcillas, indicando que suelos con escasa fracción arcillosa, entre el 9 y el 30%, son más susceptibles a la erosión. En el área Mazarrón la proporción de arcillas media es del 13% para 1988 y del 15% en el 2008, por lo que podría deducirse que estos suelos son fácilmente erosionables. Los suelos con una alta proporción de arcilla suelen poseer una buena cohesión y una apreciable estabilidad estructural, por lo que resisten bien su dispersión superficial por las aguas de lluvia. Las gravas y piedras, a la vez que disminuyen el volumen de tierra disponible para la raíces, hacen aumentar la permeabilidad del suelo y protegen, parcialmente en superficie, a las partículas finas de los impactos de las gotas de lluvia.

Utilizar el contenido de arcilla como indicador de la erosionabilidad es acertado teóricamente, porque las partículas de arcilla se combinan con las de materia orgánica para formar agregados o terrones y la resistencia del suelo viene determinada por la estabilidad de estos. La estabilidad de los agregados también depende del tipo de material arcilloso presente. La illita y la esmectita forman agregados más rápidamente, pero su estructura cristalina más abierta y las mayores dilataciones y contracciones que se producen con la humectación y desecación, hacen sus agregados menos estables que los formados con caolinita.

Las variaciones encontradas entre los muestreos realizados en 1988 y 2008 son notables en todas las muestras, pero aunque los muestreos de 2008 se hayan intentado hacer en los mismos lugares, es bastante difícil que coincidan exactamente en los mismos puntos, por lo que los mapas que se han realizado hay que tomarlos como aproximaciones y no sería correcto aventurar que los cambios en cada uno de los puntos de muestreo se deben a procesos erosivos.

En la figura 3 se puede observar la evolución del contenido de arcillas en el área de Mazarrón que ha sufrido un aumento sobre todo en el sector noroeste del mapa y una disminución en el sector más al sur debido en su mayoría a la evolución del uso agrícola que ha experimentado la zona.

En los puntos de muestreo 12 y 13 se observa un aumento de proporción algo inusual pero tal hecho puede venir justificado porque el muestreo no se ha efectuado en el mismo lugar o que se ha producido un aumento de agregados debido a las prácticas agrícolas que se han realizado en el terreno ya que en esa área las técnicas agrícolas utilizadas son las tradicionales de secano, que son las más apropiadas.

La disminución sufrida alrededor de las muestras 24, 25, 33 y 34 es debida a la presión urbanística que ha sufrido la zona en estos últimos años. La muestra 24 se encuentra al lado de la ciudad de Mazarrón y la 33 al lado del pueblo de Bolnuevo. Ambas poblaciones han aumentado sus áreas urbanas con la construcción de urbanizaciones como la urbanización de Playa Sol y la urbanización Bahía que en el año 1989 no existían.

La figura 4 corresponde a la evolución que han sufrido las arenas en el periodo de estudio 1988-2008. Se observa como el aumento de esta fracción se ha desplazado hacia el sur de la rambla disminuyendo en el sector noroeste.

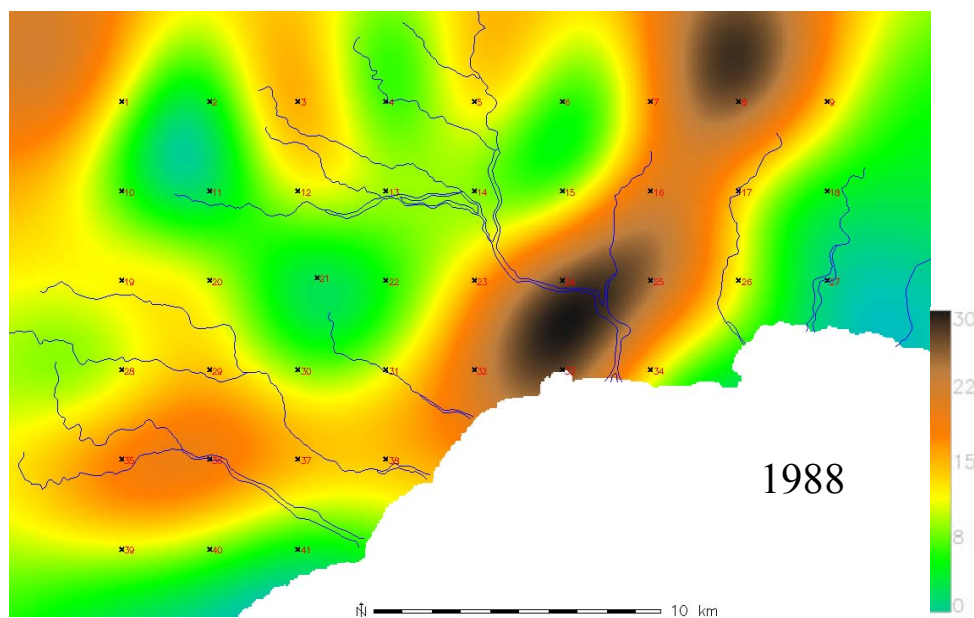
Los puntos muestreados cerca de los núcleos urbanos de Mazarrón y Bolnuevo han experimentado un aumento en la proporción de arena, sobre todo en el punto 34 donde el incremento es de un 60%, esto se

debe sobre todo a la construcción de la urbanización Playa Grande y a la deslocalización del punto de muestreo del año 2008 con respecto a la de 1988.

De nuevo como ocurría en el caso de las arcillas, alrededor de los puntos de muestreo 12, 13 y 14, la proporción de arenas ha disminuido en el año 2008 debido a la actividad agrícola que con el laboreo hace que las partículas de mayor tamaño se fragmenten disminuyendo su proporción. En cambio en las muestras 21, 22 y 23 se mantienen más o menos las mismas proporciones ya que estos puntos se encuentran a las laderas y piedemontes de la sierra de Las Moreras por lo que al descender el agua por la laderas los primeros materiales que se depositan son los más pesados que en este caso son las arenas, disminuyendo su proporción conforme se aproxima a la Rambla de La Majada.

En el área de la Rambla de Las Yeseras y de la sierra del Algarrobo correspondiente a los puntos 6, 7, 15 y 16 tienen un porcentaje alto de arenas debido probablemente a lo expuesto con anterioridad. Se trata de área de montaña donde la fuerza erosiva del agua descarga los materiales más pesados al pie de las laderas.

Se puede concluir que el área en general ha sufrido un descenso en su proporción de arenas lo que puede ser resultado de una alta alteración del material más grueso debido a procesos erosivos producidos por el agua y por el hombre en sus prácticas agrícolas.



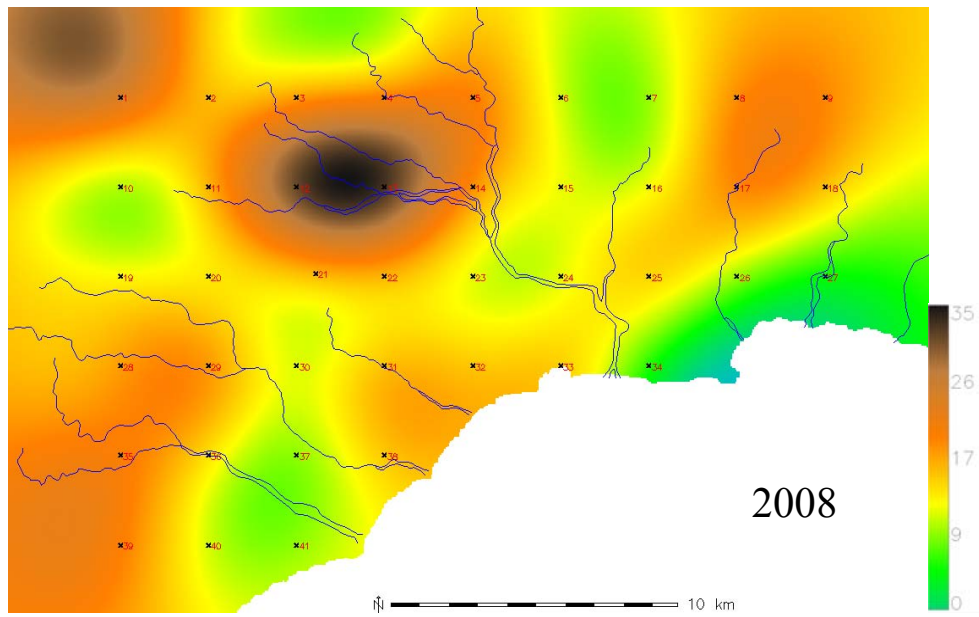
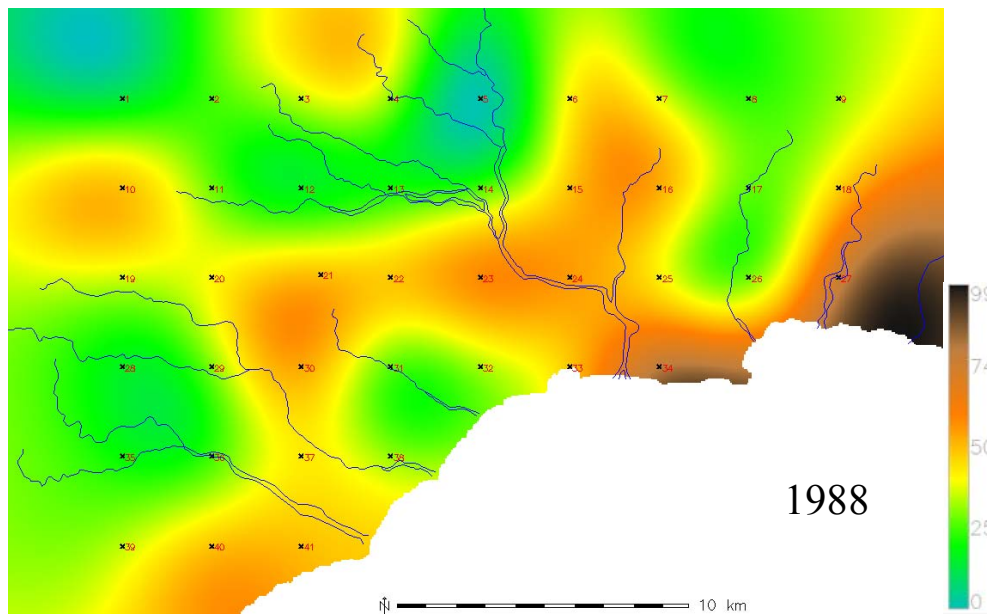


Figura 3. Proporción de arcillas (%)



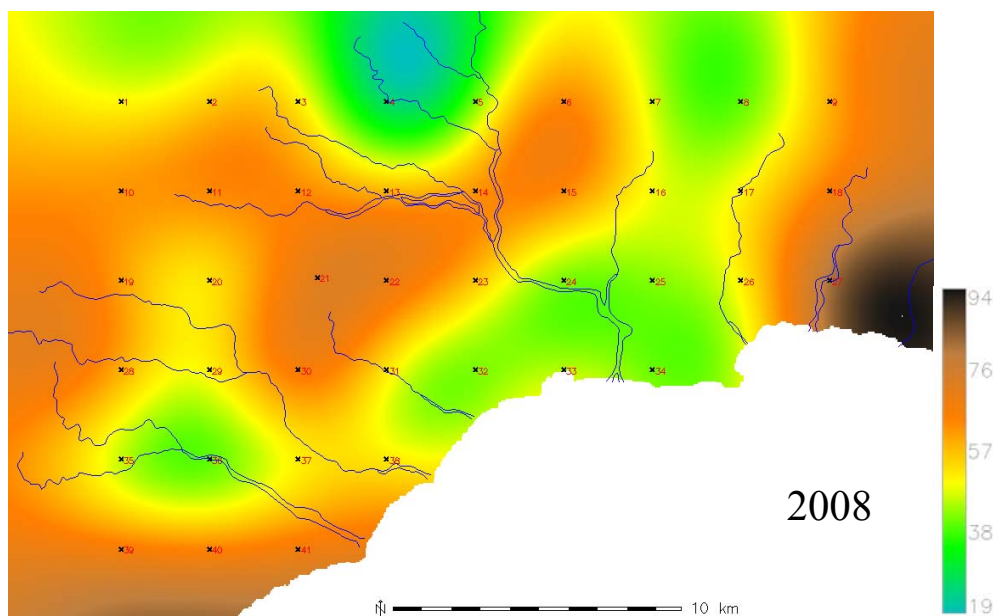


Figura 4. Proporción de arenas (%)

En el caso de los limos (Figura 5) las variaciones sufridas no han sido muy relevantes ya que las proporciones se han mantenido más o menos iguales.

Cabe destacar el punto de muestreo 34 correspondiente a la urbanización Playa Grande y a Puerto de Mazarrón donde la cantidad de limos ha disminuido una media del 55% a favor del aumento de arenas como ya se ha comentado anteriormente. La razón puede ser la misma, la extensa construcción del área y la deslocalización de la toma de la muestra.

Por lo general, las proporciones de limos se encuentran en la actualidad en torno al 53% lo cual es un indicador de que el suelo de la rambla de Las Moreras es un suelo fácilmente erosionable y con una cohesión entre los agregados bastante baja.

Se observa también unos puntos que han experimentado un crecimiento considerable, son los puntos 4 y 5 a la altura de El Cruce, antes de comenzar la rambla de Las Moreras propiamente dicha. En estos puntos, como ya se ha comentado se ha producido un aumento del contenido en limos, pero esto es debido a que en el año 1988 no se pudo tomar nota del contenido de limos por eso el valor que tiene en el año 1988 es tan bajo y en el mapa se destaca. En el punto 5 el incremento se debe a que se trata de un área donde existen cultivos por lo que podría ser la causa del aumento de la deposición de material fino.

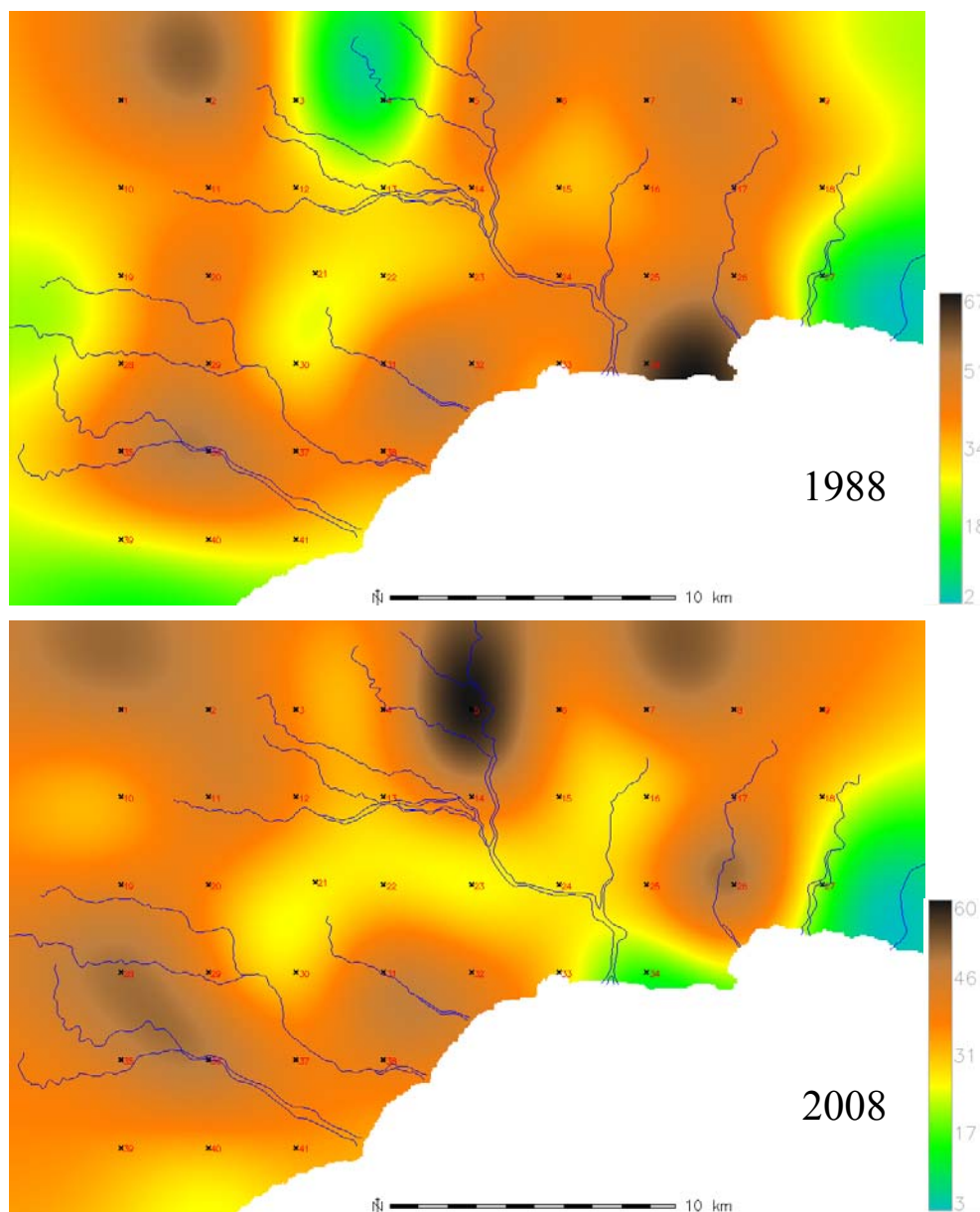


Figura 5. Proporción de limos (%)

4.2. Materia orgánica

La materia orgánica es uno de los factores más importantes de resistencia de suelo a la erosión, no sólo porque contribuye a la formación de agregados estables y facilita la infiltración, sino porque su presencia contribuye a la formación de una cobertura vegetal protectora. Los suelos con menos del 2% de materia orgánica se consideran erosionables (Morgan, 1986) y generalmente suele existir una correlación positiva entre el contenido de materia orgánica y las fracciones arcillosa y limosa estables. Debido al efecto físico del tamaño de las partículas, la materia orgánica aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos y aumenta la capacidad de aireación de suelos arcillosos. Tolera mejor los efectos mecánicos del paso de maquinaria por tener una mayor elasticidad que la materia mineral. Al cohesionar los suelos arenosos contribuyen a reducir las pérdidas de suelo por erosión superficial. En todos los suelos en general, la materia orgánica favorece la estructura agregada que limita el arrastre de partículas de suelo, canalizando a la vez el paso del agua a través del mismo. Además, los residuos orgánicos fácilmente descomponibles dan lugar a la síntesis de compuestos orgánicos complejos que actúan ligando las partículas del suelo favoreciendo la

formación de agregados, lo que repercute en una mejora de la aireación y de la retención de agua. En nuestro caso se ha encontrado una correlación positiva entre el contenido de materia orgánica y la estabilidad de agregados (Romero Díaz *et al.*, 2009), aunque el valor de correlación no es muy elevado.

Los componentes orgánicos y químicos del suelo son importantes debido a su influencia en la estabilidad de los agregados. La mayor parte de los suelos del área de estudio contienen menos del 7% de materia orgánica y el 70% de ellos (especialmente los arenosos y franco arenosos) menos del 2%. Voroney, Van Veen y Paul (1981) (citados por Morgan, 1986) sugieren que la erosionabilidad del suelo disminuye linealmente al aumentar el contenido en materia orgánica entre 0 y 10%; mientras Ekwue (1990) comprobó que el desprendimiento del suelo por el impacto de gotas de lluvia disminuye exponencialmente al aumentar el contenido en materia orgánica entre el 0 y 12%.

En el área de estudio los valores medios de materia orgánica en los suelos es muy baja. Más del 50% de los suelos analizados tienen un valor de materia orgánica inferior al 2%. Se observa también que hay dos muestras que despuntan con respecto a las otras muestras debido a que no se han tomado en los mismos lugares sino que, por ejemplo, la muestra 20 se ha tomado en un campo de cultivo que hay a pie de monte de donde se tomó en 1988 o que ese cultivo no existía en 1988.

La materia orgánica es la característica edáfica que más ha variado espacialmente en los lugares muestreados en el periodo de estudio, aunque realmente la proporción de materia orgánica en el área en general no ha variado, ya que la media de materia orgánica solo ha variado ligeramente desde el año 1988 (2,14%) hasta el 2008 (2,09%).

La variación de materia orgánica en los distintos puntos se debe de nuevo al uso agrícola. Se observa como en el área de la rambla de Baltasar La Majada (puntos de muestreo 13, 14, 21, 22 y 23) se ha producido un descenso debido a que en esa área es donde se establece la mayor producción agrícola. Igual ocurre en la zona cercana al Puerto de Mazarrón (puntos muestreados 25 y 26) donde se ha instalado una gran superficie de invernaderos que cubren toda el área.

Las áreas donde el color de los mapas es más oscuro (2008) se corresponde con la Sierra de Almenara (sector oeste) donde su uso forestal mantiene la proporción de materia orgánica más elevada debido a la conservación y al no intrusismo agrícola.

4.3. Pedregosidad

La pedregosidad hace referencia a la presencia en la superficie del suelo de fragmentos rocosos o piedras lo bastante grandes como para limitar el crecimiento de la vegetación. Junto a este efecto desfavorecedor, la pedregosidad también tiene otros efectos positivos para el suelo ya que proporciona una protección frente al impacto del agua de lluvia y, por tanto, de la erosión, reduce la escorrentía y resulta beneficiosa para el mantenimiento de la humedad del suelo ya que disminuye la evaporación (Ruiz Sinoga *et al.* 2010). Este conjunto de efectos favorables es de tal importancia que ha motivado a algunos edafólogos a decir que “después de la materia orgánica, lo mejor que pueden tener los suelos mediterráneos son piedras” (Parra Rincón *et al.*, 2003).

Un incremento en la tasa de erosión del suelo lleva a un incremento de la pedregosidad tanto en la superficie como en el perfil. Paradójicamente estos cambios pueden conducir a una mayor resistencia a la erosión debido al encostramiento, y a una retención mejorada del agua ya que la materia orgánica se concentra en las fracciones finas del suelo. Ambos cambios tienden a compensar y amortiguar los efectos del incremento de erosión. En muchos casos, los efectos de un cambio externo son también reversibles, de modo que, por ejemplo, una reducción en la erosión permitirá que el material grueso se meteorice lentamente en fracciones más finas mejorando la infiltración del agua y el crecimiento de la vegetación.

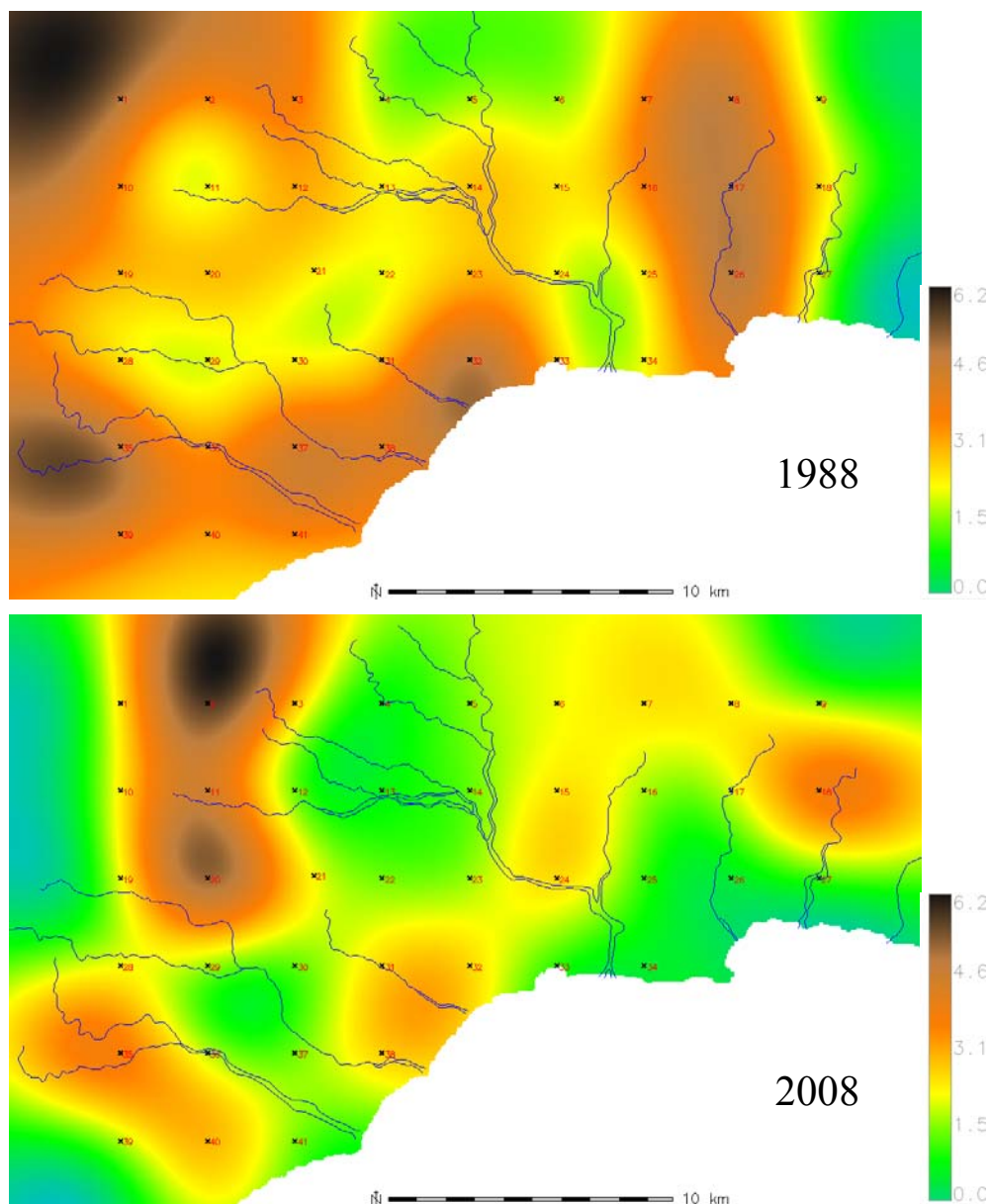


Figura 6. Proporción de materia orgánica (%)

En los datos analizados se ha podido observar como la relación entre la materia orgánica y la pedregosidad ha disminuido a lo largo de los 20 años transcurridos. Esto puede ser debido al aumento de la materia orgánica y al uso agrícola que se tiene en la mayoría de las áreas de muestreo. Las prácticas de laboreo hacen que la pedregosidad del terreno disminuya, ya que un suelo pedregoso es difícil de cultivar, aumentando la cantidad de material fino tipo arena.

Los mapas de la figura 7 muestran la evolución de la pedregosidad en los dos años de muestreo. Los valores inferiores a 1 indican suelos sin pedregosidad o poco pedregosos; 2 pedregosos; 3 muy pedregosos; 4 bastante pedregosos; y superiores a 5 cubiertos de piedras.

Se observa como en el área de estudio en el punto 34 si ha habido un aumento de la pedregosidad pero se debe a la construcción de las urbanizaciones y a la expansión del núcleo urbano de Puerto de Mazarrón

De nuevo los colores más oscuros (que indican mayor pedregosidad) reflejan la posición de la Sierra de Almenara y la Sierra de las Moreras más al sur (puntos 21, 22 33 y 34) y la Sierra del Algarrobo al Este.

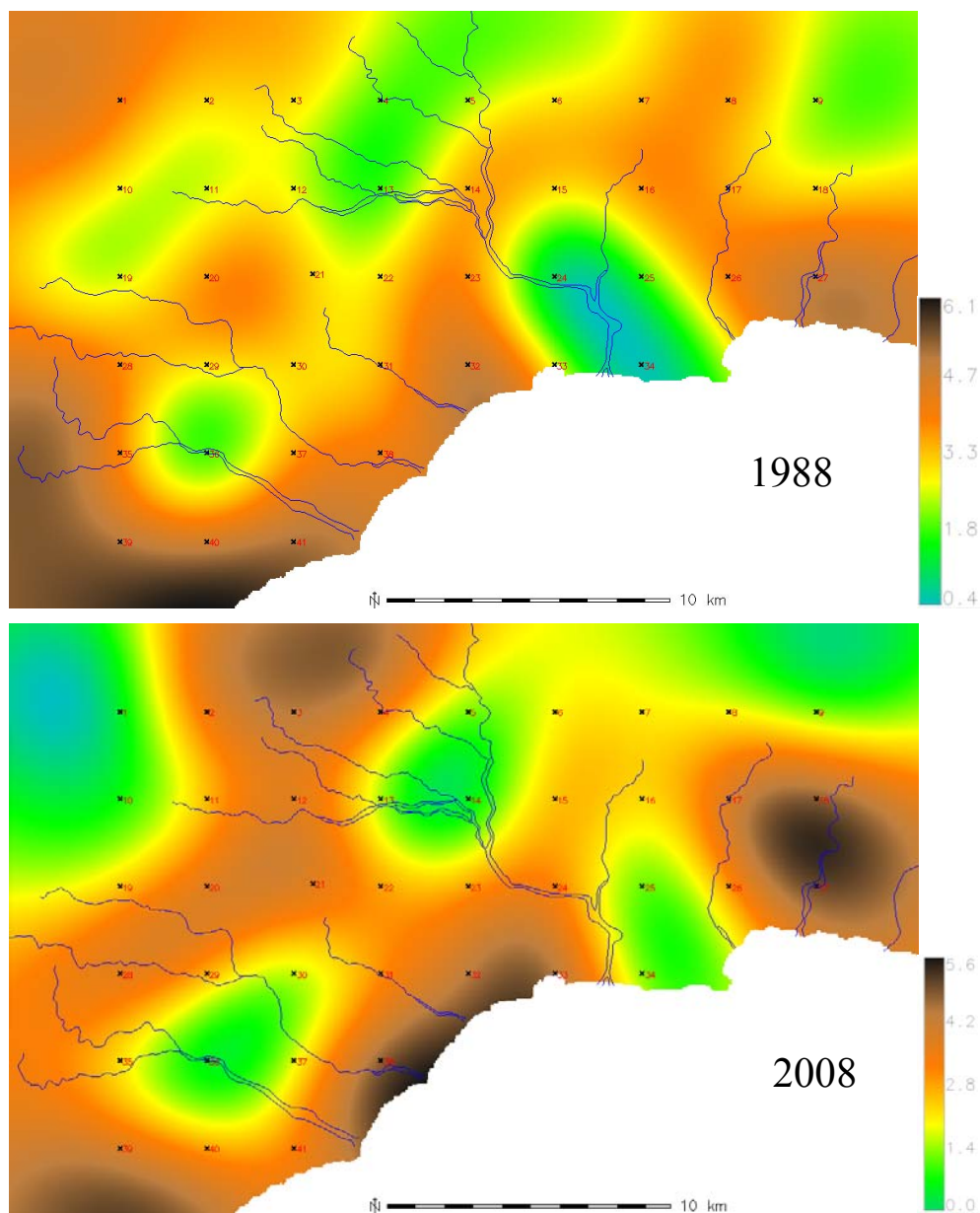


Figura 7. Proporción de pedregosidad (%)

A modo de síntesis se pueden diferenciar dos áreas con distinto riesgo de degradación / erosión (Figura 8):

Zona 1: correspondiente al área situada en el centro y oeste de la Hoja de Mazarrón. En esta área tanto la proporciones de arcillas como de materia orgánica han aumentado lo que le confiere al terreno una mayor estabilidad de agregados al unirse las dos fracciones. Por otro lado, la proporción de arenas en esta área ha disminuido, lo que teóricamente es favorable para el terreno a la hora de su resistencia frente a la erosión.

Debido al uso agrícola tradicional y arbolado de repoblación que mantiene esta área, la cobertura vegetal es relativamente elevada lo que le confiere al terreno una sujeción frente al agua. El problema podría aparecer cuando esos cultivos que actualmente están en activo se abandonen y el arrastre de los materiales limosos del área, debido a la falta de protección vegetal serán fácilmente transportados, dejando a los suelos degradados y erosionados.

Zona 2: se corresponde con el sector este y desembocadura de las ramblas donde se encuentran las poblaciones de Mazarrón, Bolnuevo y Puerto de Mazarrón. En esta área el riesgo de erosión es máximo debido al mal uso que tiene el terreno, en su mayoría ocupado por cultivos intensivos. En esta área prima más el valor turístico-económico que el de la conservación del suelo.



Figura 8: Delimitación de áreas vulnerables a la degradación / erosión.

5. CONCLUSIONES

Tras el análisis realizado de las características medio-ambientales de la Cuenca de la Rambla de Las Moreras, se ha puesto de manifiesto como los riesgos predominantes de erosión se producen por erosión hídrica, en especial, en aquellos episodios lluviosos de alta intensidad, que en ocasiones tienen efectos catastróficos, pero que sin duda ocasionan enormes pérdidas de suelos.

La gran alteración del paisaje de esta cuenca, en un primer momento por la acción de la minería y más recientemente por la nueva agricultura intensiva en invernaderos, ha transformado la topografía original. Estas modificaciones han llevado consigo también cambios en las escorrentías y alteraciones en los horizontes edáficos.

Uno de los sectores de mayor erosión lo constituyen el sector comprendido entre las sierras Almenara y Algarrobo, debido a la presencia de margas miocénicas de fácil erosionabilidad por acción de la erosión hídrica, lo que ha configurado una densa red de ramblas y barrancos.

En conjunto podemos definir a los suelos de la Rambla de Las Moreras como suelos con escasa proporción de arcillas, alto contenido en limos y arenas, escaso contenido en materia orgánica, débil estabilidad estructural, escasa profundidad y baja cobertura vegetal. Todo ello hace que estos suelos sean muy proclives a los procesos de erosión.

Es de destacar como, en general, los puntos muestreados con unas buenas características edáficas y que los protegen de la degradación, poseen: elevados contenidos en materia orgánica, altos contenidos de arcillas, elevada estabilidad estructural, notable profundidad y buena cobertura vegetal. Por el contrario, los puntos con características contrarias, sin duda, son muy vulnerables a los procesos de degradación y de erosión.

Las variaciones más notables encontradas entre el muestreo de 1988 y el de 2008 están relacionadas con las cantidades de arcillas, limos y arenas, y especialmente con el contenido en materia orgánica.

Analizadas las propiedades edáficas y teniendo una visión cartográfica del área, mediante la realización de mapas con técnicas SIG, se puede observar como han variado dichas características en el terreno. Se puede deducir que el área de la rambla de Las Moreras es bastante vulnerable a los procesos erosivos sobre todo por erosión hídrica y antrópica si en futuro se abandonaran los cultivos.

Finalmente hay que indicar que la comparación de los puntos de los dos muestreos, en ocasiones, no ha sido posible por considerar que las muestras de algunos puntos no se habían tomado en los mismos lugares.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado dentro del marco del proyecto de investigación Ref: CGL2006-11635/BTE, financiado por el MICINN a él nuestro agradecimiento.

7. REFERENCIAS

- Alias, L.J., Ortiz, R., Hernández, J., Linares, P., Martínez M.J. y Marín (1989): *Proyecto LUCDEME. Mapa de suelos escala 1: 100.000 Mazarrón*. ICONA y Universidad de Murcia.
- Alcázar, F. (1989): Vegetación. *En mapa de suelos escala 1:100.000 Mazarrón*. Proyecto LUCDEME. ICONA y Universidad de Murcia.
- Boix-Fayos, C., Calvo-Cases, A., Imeson, A.C., Soriano-Soto, M.D. (2001): Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena* 44: 47–67.
- Cammeraat, L.H., Imeson, A.C. (1998): Deriving indicators of soil degradation from soil aggregation studies in southeastern Spain and southern France. *Geomorphology* 23: 307–321.
- Cerdá, A. (1998): Relationships between climate and soil hydrological and erosional characteristics along climatic gradients in Mediterranean limestone areas. *Geomorphology* 25: 123–134.
- De Ploey, J., Poesen, J. (1985): Aggregate stability, runoff generation and interrill erosion. In: Richards, K.S., Arnett, R.R., Ellis, S. (Eds.), *Geomorphology and Soils*. George Allen & Unwin, London, pp. 99–120.
- Dunne, T., Zhang, W., Aubry, B.F. (1991): Effects of rainfall, vegetation and microtopography on infiltration and runoff. *Water Resources Research* 27: 2271–2285.
- Imeson, A.C., Vis, M. (1984): Assessing soil aggregate stability by ultrasonic dispersion and water-drop impact. *Geoderma* 34: 185–200.
- Kirkby, M.J. y Morgan R.P. (1984): *Erosión de suelos*. Limusa México.
- Lavee, H., Imeson, A.C., Sarah P. (1998) : The impact of climate change on geomorphology and desertification along a Mediterranean arid transect. *Land Degradation and Development* 9: 407-422.
- Lax, A., Díaz, E., Castillo, V., Albaladejo, J. (1994). Reclamation of physical and chemical properties of a salinized soil by organic amendment. *Arid Soil Res. Rehab.* 8: 9-17.
- Le Bissonnais, Y. (1996): Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science* 47: 425–437.
- López Martínez, M. (2010): *Caracterización de los riesgos de erosión en la Rambla de Las Moreras*. PFC de Ciencias Ambientales.
- Morgan R.P (1986): *Erosión y conservación de suelos*. Ediciones Mundi Prensa.
- Ortiz Silla, R. (1994): Proyecto LUCDEME. Mapa de uso agrícola y memoria explicativa. Escala 1:50.000. Mazarrón 976. ICONA y Universidad de Murcia.
- Parra Rincón, M.A., Fernández Escobar, R., Navarro, C. y Arquero, O. (2003): *Los suelos y la fertilización del olivar cultivado en zonas calcáreas*. Ediciones Mundi Prensa.
- Pérez Morales, A. (2007): *Cuestiones medioambientales y ordenación del territorio en el litoral de la Región de Murcia*. Asociación Murciana de Ciencias Regionales. Caja de Ahorros del Mediterráneo.

- Reverte Giménez, F. (2008): *Cambios de uso del suelo en áreas mediterráneas*. PFC de Ciencias Ambientales.
- Richter, G y Negendank JKW (1977): Soil erosion processes and their measurement in the German area of the Moselle river. *Earth Surface Processes and Landforms* 2: 261-278.
- Rodríguez Estrella, T. (1993): El carácter torrencial de la rambla de Las Moreras y su incidencia en la ordenación del territorio. V *Reunion Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Problemática geoambiental y desarrollo*. Murcia.
- Romero Díaz, A. y Maurandi Guirado, A. (2000): Las inundaciones en la cuenca del Segura en las dos últimas décadas del siglo XX. Actuaciones de prevención. *Serie geográfica* 9: 93-120. Alcalá de Henares.
- Romero Díaz, A. y Alonso Sarría, F. (Coords.) (2007): Atlas Global de la Región de Murcia. La Verdad CMM S.A., Murcia, 616 pp.
- Romero Díaz, A., Quiñonero Rubio, J. M., Ortiz Silla, R., Sánchez Navarro, A., Fernández-Delgado, M., Gil Vazquez, J. M. (2009): The use of edaphic parameters as indicators of soil erosion risk. Rambla of Las Moreras (SE Spain). En A. Romero Díaz, F. Belmonte Serrato, A. Alonso Sarria y F. López Bermúdez *Advances in studies on Desertification*. Ediciones de la Universidad de Murcia (Editum), Murcia 407-411.
- Romero Díaz, A. y Ruiz Sinoga, J. D. (2010): Organic matter as an indicator of soil degradation. *European Geosciences Union general Assembly (EGU-2010). Session SSS37: Erosion, land degradation and terrestrial cycling*.
- Ruiz Sinoga, J. D. y Romero Díaz, A. (2009): Indicadores edáficos de degradación en el mediterráneo meridional español. *Geografía, Territorio y Paisaje: el estado de la cuestión*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla – La Mancha. Ciudad Real, 1829 – 1845.
- Ruiz Sinoga, J.D., Romero Diaz, A., Ferre Bueno, E., Martínez Murillo, J.F. (2010): The role of soil surface conditions in regulating runoff and erosion processes on a metamorphic hillslope (Southern Spain): Soil surface conditions, runoff and erosion in Southern Spain. *Catena* 80: 131-139.
- Ruiz-Sinoga, J.D., Romero Diaz A. (2010): Soil degradation factors along a Mediterranean pluviometric gradient in Southern Spain. *Geomorphology* 118: 359-368.