



## Evaluación de la calidad del suelo en un área de la cabecera del Río Chícamo (Abanilla)

**Autor:** Francisco José Tovar Carrión

**Institución:** Universidad de Murcia (Facultad de Biología)

## Resumen

En este trabajo se establecen los distintos niveles de calidad del suelo obtenidos para un área de la cabecera del Río Chícamo mediante un indicador propuesto por el autor en base al análisis de las propiedades edáficas que se han considerado de interés de acuerdo a las características de la zona de estudio y los objetivos marcados. Estas propiedades han sido seleccionadas mediante un estudio de contraste de medias utilizando como factor de agrupamiento el tipo de suelo por un lado y su uso por otro.

Tomando como referencia los indicadores de capacidad y vulnerabilidad propuestos por Añó (1996) el autor diseña una metodología propia para la estimación de la calidad de estos suelos con arreglo a la cual la mayor parte de suelos del área de estudio, un 82,8% de la superficie, presenta una moderada calidad, entendiendo como calidad del suelo a la capacidad de éste para funcionar de manera efectiva tanto en el presente como en el futuro. Así, sólo un 3,4% de la superficie ofrece una baja calidad y el resto de suelos presenta una alta o muy alta calidad siendo un 6,9% la superficie de suelo ocupada para ambos niveles de calidad.

**Palabras claves:** cabecera del Río Chícamo; calidad del suelo; capacidad del suelo; evaluación del suelo; nivel de calidad; tipología de suelo; usos del suelo; vulnerabilidad del suelo.

## INTRODUCCIÓN

La calidad del suelo, su definición, evolución y el establecimiento de indicadores de utilidad para conocer su estado y su evolución han sido objeto de múltiples estudios e investigaciones desde finales de los años 80 del siglo pasado y sobre todo desde principios de los 90 (Powers & Meyer, 1989; Larson & Pierce, 1991; Parr *et al.*, 1992; Pierce & Larson, 1993; Doran & Parkin, 1994; Nacional Research Council, 1993; SSSA, 1995; Sims *et al.*, 1997; Bouma, 1997; Blum, 1990, 2000; Añó *et al.*, 1997, 1998; Doran *et al.*, 1996; Karlen *et al.*, 1997; Recatalá & Sánchez, 1993; Recatalá *et al.*, 2000). Las diversas definiciones planteadas señalan en su mayoría la calidad del suelo como la capacidad para funcionar de manera efectiva tanto en el presente como en el futuro.

El suelo por ser un recurso natural no renovable o muy difícil o costoso de renovar, debe ser utilizado sin llegar a superar su capacidad de aceptación de los distintos usos previstos: agrícolas, paisajísticos y otros que podemos encontrar en este artículo. Cuando se rompe el equilibrio entre el suelo y los factores ambientales que intervienen en su formación, la evolución del mismo se modifica y se desarrollan una serie de procesos que tienden a la disminución de su calidad, lo cual se traducirá en una degradación del mismo.

El continuo y persistente deterioro del medio natural producido por actuaciones del hombre sobre los ecosistemas áridos y semiáridos de la España mediterránea, sobre todo en las tierras del sureste, ha ocasionado una fuerte regresión de la vegetación natural hacia formaciones degradadas y muy abiertas, alejadas del óptimo biológico y que no protegen al suelo de la intensa erosión hídrica. Cuando la pérdida del suelo es superior a la capacidad de los procesos que lo originan, como ocurre en las zonas mediterráneas con fuerte tendencia a la aridez, se produce una disminución progresiva del potencial biológico y en consecuencia de su fertilidad, que conduce a situaciones críticas y finalmente a la desertificación (López Bermúdez, 1993). Éste fenómeno es el que se estudia en la cabecera del Río Chícamo, una zona sometida a fuertes presiones antrópicas desde hace décadas, destacando la extracción de material geológico rico en arcilla que ha favorecido los ya acentuados procesos de erosión que se daban en ella y la fuerte presión agrícola experimentada en esta zona desde hace cientos de años, que ha propiciado la aparición y desarrollo de los distintos procesos de degradación, por lo que resulta de interés conocer el estado actual de los suelos de esta zona, sus características y componentes.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra en el término municipal de Abanilla (Murcia) y se corresponde con la hoja nº 892 (Fortuna) 1:50000 del servicio geográfico del ejército, sus coordenadas terrestres son 38° 15' 34.18" N, 1° 00' 08.79" W a una elevación de 341 m. Se encuentra a una altitud media de 235 m, estando su punto más bajo a 110 m y su punto más alto a 360 m.

El Río Chícamo se encuentra sometido a un clima generalmente mediterráneo con una precipitación anual media de 303 mm/año y un déficit hídrico de 708 mm/año. El

climodiagrama (figura 1) manifiesta un clima típicamente mediterráneo con influencia costera, con dos máximos pluviométricos en primavera y otoño y un mínimo muy marcado en verano, así como una curva de temperaturas bastante tendida cuya temperatura media anual es de 16,6 °C.

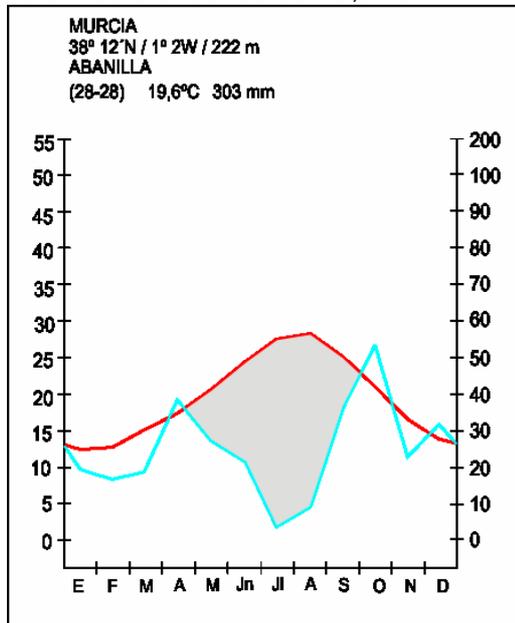


Figura 1. Climodiagrama de la estación meteorológica de Abanilla.

La cabecera del Río Chícamo está calificada como Lugar de Interés Geológico de la Región de Murcia. Ésta discurre por el límite noreste de la cuenca terciaria de Fortuna, cortando en su parte más septentrional sedimentos de la serie prebética y subbética, mientras que al sur va cortando materiales terciarios. El estudio se realiza en las zonas más abiertas caracterizadas por presentar litologías triásicas: las areniscas rojas de facies Buntsandstein, las dolomías y carnícolas del Muschelkalk y las margas y yesos con buzamientos verticales del Keuper. Sobre estos materiales triásicos encontramos conglomerados tortonienses (Mioceno superior) (Imagen 1).



Imagen 1. Materiales triásicos y tortonienses en la cabecera del río Chícamo.

En cuanto a su vegetación la zona de estudio se corresponde con el termotipo Termomediterráneo y dentro de éste aparece la serie Termomediterránea superior murciano - almeriense, semiárido superior lentisco (*Pistacia lentisco*). Chamaerop humillis - Rhamneto lycioidis Sigmetum, que se caracteriza porque la vegetación madura es un lentiscar (*Pistacia lentiscus*) con palmitos (*Chamaerops humilis*), espinos (*Rhamnus lycioides*, *Rhamnus oleoides subsp. Amgustifolia*), esparragueras (*Asparagus albus*, *Asparagus horridus*) bayones (*Osyris quadripartita*), *Ephedra fragilis* y más raramente coscojas (*Quercus coccifera*), etc., que se corresponde a la amplia asociación murciano-almeriense *Chamaeropo humilis-Rhamnetum lycioidis*. En los puntos de menor desarrollo del suelo, o como consecuencia de degradación, se extienden en la tesela diversos pastizales, con dominancia del esparto (*Stipa tenacissima*) en los suelos no sometidos a hidromorfía ni salinidad, o albardín (*Lygeum spartum*) en los restantes. En los afloramientos ricos en yeso se instala un tomillar ralo con *Teucrium libanitis*, *Helianthemum squa matum*, *Launaea fragilis*, *Herniaria fruticosas subsp. Erecta*, *Ononis tridentata*, etc., correspondiente a la asociación murciano-meridional y alicantina *Thymo-Teucrietum libanitis*, diferenciándose una raza alicantina, con *Thymus moroderi*, y una murciana, con *Thymus membranaceus*. También sobre Gipsisoles háplicos, en las zonas más deprimidas encontramos la geoserie halófito termo-mediterránea inferior alicantino-almeriense, donde destacan los dominados por *Sarcocornia fruticosa* menos resistentes a las variaciones en salinidad edáfica, y los caracterizados por *Arthrocnemum macrostachyum*, propios de lugares con mayores oscilaciones de salinidad. Las áreas de saladar no sometidas a inundaciones temporales están cubiertas por matorrales dominados por diversas especies del género *Limonium*. Puntualmente se presentan en los saladares tarayales halófitos con *Tamarix boveana*.

Edafológicamente predominan los Regosoles calcáricos y Calcisoles háplicos, estrechamente ligados al material que los origina, margas y conglomerados respectivamente. Mientras que los Regosoles aparecen distribuidos a lo largo de todo el río, los Calcisoles aparecen principalmente en los tramos de cabecera del curso principal y los ramales secundarios. Existen zonas donde los Regosoles calcáricos aparecen en combinación con Gipsisoles háplicos y por último a orillas del río encontramos Fluvisoles.

En cuanto a los usos del suelo, en la zona de estudio la actividad agrícola tiene una amplia representación, ocupando parcelas agrícolas en explotación casi el 42% de la superficie. Los cultivos presentes en las mismas son cultivos de secano, principalmente almendrales y en menor medida viñedos y olivares. El otro uso predominante ocupando una superficie similar (41,1%) es el matorral; cabe citar también el pastizal-matorral que ocupa un 0,78% de la superficie, el pastizal (0,3%) y un 14,46% de la superficie se corresponde con el cauce del río y que defino como suelo improductivo (agua). Dentro del sector industrial, en la cabecera del Río Chícamo se localiza una explotación activa de arcillas que ocupa el 4,77% de la superficie de estudio y el resto del monte que no forma parte de la explotación se encuentra repoblado por coníferas ocupando el 0,06% del total de la superficie de estudio.

## **MÉTODOS**

El estudio de las diversas características morfológicas y de situación así como las propiedades analíticas de las muestras de capa arable (0 - 30 cm) y los suelos tomados para el mismo se ha realizado según los métodos que se resumen a continuación: para las observaciones de campo y descripción de las características macromorfológicas de

las muestras de capa arable (0 - 30 cm) se han seguido las recomendaciones de FAO (1977) y utilizado el mapa de suelos del proyecto LUCDEME, en la hoja Fortuna (892), 1:100.000 (Alias *et al*; 1997).

Las determinaciones analíticas se han llevado a cabo sobre la tierra fina del suelo (fracción menor de 2 mm) de acuerdo con los métodos que se resumen a continuación: método de Anne (1945), modificado por Duchaufour (1970) para la determinación del carbono orgánico total. Método volumétrico del calcímetro de Bernard, previamente calibrado frente a Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> R.A. para la determinación de Carbonato cálcico equivalente. Método de Peech (1965) para valores de pH. Método de Bower y Wilcox para preparar la pasta saturada en agua de la que se ha obtenido el extracto de saturación del suelo. Método de la pipeta de Robinson para la determinación de las distintas fracciones granulométricas finas (limo y arcilla).

La estimación de la calidad de los suelos se ha hecho mediante la valoración interpretativa de los datos obtenidos utilizando los indicadores establecidos por la metodología de Añó (1996) referidos a capacidad y vulnerabilidad. La estimación de la calidad de los suelos se ha realizado en base a aquellas propiedades del suelo que experimentan cambios rápidos que resulten fácilmente detectables. Estas propiedades han sido seleccionadas mediante un estudio de contraste de medias utilizando como factor de agrupamiento el tipo de suelo por un lado y su uso por otro.

## **MUESTREO**

El muestreo de capa arable (0 - 30 cm) se ha realizado a una distancia de 50 m, formando una malla de distribución regular 50x50 m obteniendo un total de 29 muestras de capa arable (0 - 30 cm) distribuidas en el conjunto de la zona de estudio. Así podemos indicar que son los suelos con cultivo de almendros en secano los que representan la porción más importante del muestreo, ocupando un 37,9% del total de las muestras. El uso que más superficie ocupa es el matorral, pese a ello un 65,5% de las muestras corresponden a cultivos de secano y sólo un 17,2% de las mismas han sido tomadas en la zona de matorral, la causa se debe al hecho de que una parte de la superficie ocupada por matorral quedaba alejada y presentaba difícil acceso, aunque de acuerdo con las observaciones de campo podemos considerar que las zonas más alejadas, que no han sido muestreadas, guardan una relación de similitud con las si estudiadas. Las muestras correspondientes a cultivos de secano se dividen a su vez como se muestra a continuación: un 58% de estas muestras corresponden a cultivo de almendros, un 31,5% a olivos y sólo un 10,5% a vid.

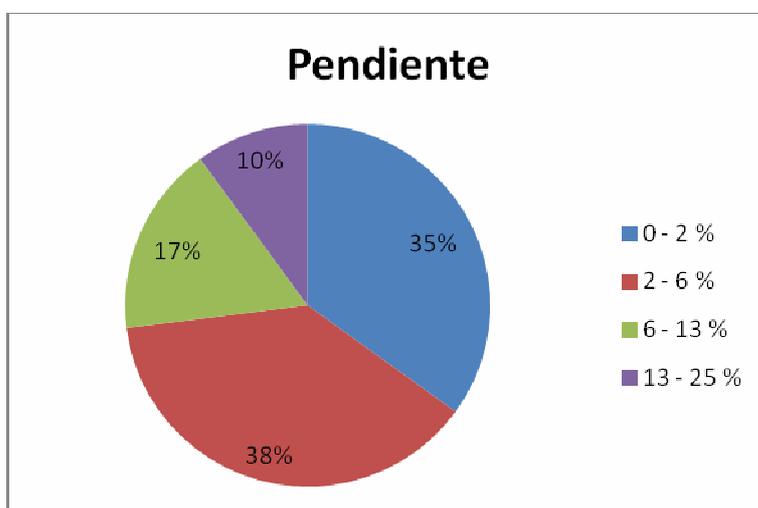
En el apartado de las determinaciones químicas y físico-químicas y para la estimación de la calidad de los suelos las muestras de matorral han sido incluidas en un grupo denominado "suelos sin cultivo", que incluye a su vez el 6,9% de las muestras correspondientes a olivos abandonados, el 10,3% referente al monte y el 17,3% para el matorral antes citado, ocupando así en su conjunto un 34,5% del total de las muestras. A la vez agrupando las muestras por tipos de suelos obtenemos que el 58,6% de la superficie muestreada se desarrolla sobre Calcisoles háplicos, el 27,6% sobre Regosoles calcáricos y el 13,8% sobre Gipsisoles háplicos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### OBSERVACIONES DE CAMPO

Un aspecto básico para la evaluación es la selección de un conjunto de características o propiedades intrínsecas y extrínsecas del medio edáfico que permitirán diagnosticar la calidad de los suelos. La gradación cualitativa de los parámetros que presentan diferencias significativas e influyen por tanto en la calidad de éstos suelos de acuerdo con FAO (1977) se exponen a continuación.

En cuanto a la **pendiente (P)** (Figura 2), parámetro que condiciona un gran número de propiedades edáficas, los diferentes grados reflejan los efectos beneficiosos o limitantes en los procesos de mecanización y riego.

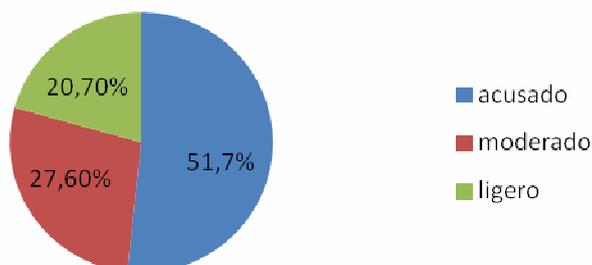


**Figura 2. Diagrama de distribución de las muestras en base a la pendiente.**

El 35% de las muestras se encuentra sobre un terreno llano (0-2% de pendiente) y el 38% sobre terrenos casi llanos (2-6% de pendiente), así podemos decir que la mayoría de las muestras se encuentran sobre un terreno llano o casi llano ocupando una superficie total del 73%. La mayoría de estas muestras pertenecen a suelos sometidos a actividad agrícola, por lo que las pendientes han sido suavizadas por labores de aterrazamiento. El 27% restante corresponde a zonas no sometidas a actividad antrópica, presentando pendientes mayores al 6% las muestras que se encuentran en llanuras donde se desarrolla matorral autóctono (17% de la superficie) y el 10% restante de la superficie presenta pendientes mayores al 13% correspondiéndose con el monte de repoblación de coníferas.

El **grado de erosión actual (Ea)** expresa la pérdida aproximada de suelo en función de las condiciones ambientales actuales. También se ha reflejado una valoración cualitativa analizando los aspectos morfológicos en que se traducen los procesos erosivos y considerando para cada tipo el porcentaje de ocupación superficial. La zona de estudio está sometida a una fuerte erosión hídrica consecuencia de distintos factores climáticos, litológicos, edáficos, etc. De forma generalizada, un clima semiárido con precipitaciones torrenciales y la dominancia de materiales geológicos blandos favorecen la pérdida de suelo dando lugar a importantes accidentes erosivos.

## GRADO DE EROSIÓN ACTUAL



**Figura 3. Diagrama de distribución de las muestras en base al grado de erosión actual.**

En el diagrama de la figura 3 podemos observar la distribución de las muestras en base al grado de erosión actual. Observamos la fuerte erosión hídrica que se

manifiesta en la zona, ya que más de la mitad de las muestras (51,7%) se encuentran en zonas con un acusado grado de erosión, puesto de manifiesto por la presencia de raíces al descubierto, cárcavas, pipes, pedestales de erosión, etc. El resto se divide en un 27,6% de muestras con síntomas de erosión moderada y un 20,7% de erosión ligera.

La actividad humana que se desarrolla en la zona afecta a dichos procesos erosivos positiva o negativamente según los casos. Así, la explotación de arcilla que se viene realizando desde décadas sobre los materiales margosos pertenecientes al Trías-Keuper está favoreciendo los procesos erosivos en la zona, debido fundamentalmente a la eliminación de la cubierta vegetal y edáfica que proporcionan protección a los materiales blandos que son la base del monte de repoblación con coníferas. Atendiendo a la forma como tiene lugar la erosión, cabe distinguir procesos de erosión por salpicadura, erosión laminar, erosión por arroyaderos, cárcavas y procesos de fusión.

Por el contrario, el aterrazamiento de laderas para su puesta en cultivo parece disminuir el índice de erosión en dichas zonas. Así, aunque a priori podríamos pensar que el movimiento de tierras para el aterrazamiento junto a la eliminación de la cubierta vegetal autóctona, que ha provocado una disminución del contenido en carbono orgánico total podría favorecer los procesos erosivos, parece que las terrazas favorecen la infiltración y por tanto acortan la trayectoria del flujo de agua y permiten el control de la escorrentía siempre que se construyan sensiblemente paralelas a las curvas de nivel. Por otro lado, la construcción de ribazos de piedra o taludes entre dos fincas que están a distinto nivel favorece la estabilización de las paredes al controlar la escorrentía superficial y fijar el nivel de base.



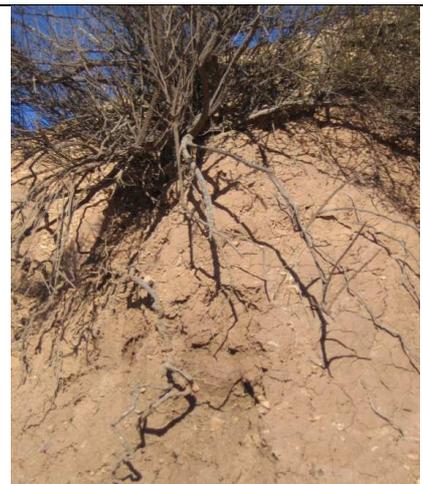
**Imagen 2. Ribazo de piedra o talud que separa terrazas que se encuentran a distinto nivel, dando estabilidad a las paredes de las distintas terrazas.**

## **INDICADORES DE EROSIÓN HÍDRICA**

Para la estimación de la erosión hídrica se han tenido en cuenta los indicadores visualizados en el campo y que se exponen a continuación.



**Imagen 3. Exposición de raíces en el monte de repoblación.**



**Imagen 4. Exposición de raíces.**

### **Exposición de raíces**

Raíces de plantas o árboles expuestas, describe una situación donde la base del tronco del árbol o las raíces laterales están parcialmente expuestas por encima de la superficie actual del suelo.



**Imagen 5. Regueros sobre materiales margosos.**

### **Regueros**

Un reguero es una depresión lineal poco profunda, o canal en el suelo, que transporta agua después de lluvias recientes.



**Imagen 6. Roca expuesta. Proceso favorecido por la acción antrópica.**

### **Roca expuesta**

Roca expuesta describe la situación en que la roca subyacente ha quedado expuesta en la superficie, a causa de la erosión.



### **Pedestal de erosión**

Un pedestal de erosión es una columna de suelo que queda en pie a partir de la superficie erosionada circundante, protegida en su parte superior por una capa de material resistente.

**Imagen 7. Pedestal de erosión. Pedestal conglomerático (material duro), que queda expuesto al ser arrastradas las margas (material blando) que lo rorodeaban.**



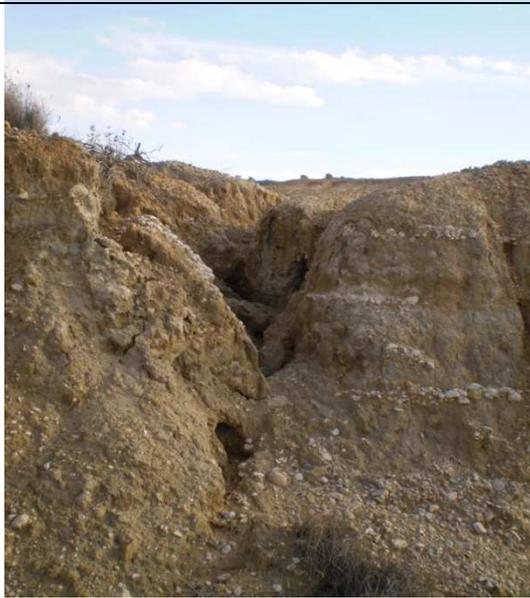
**Imagen 8. Cárcava sobre materiales margosos.**



**Imagen 9. Cárcava en la zona de matorral.**

### **Cárcava**

Una cárcava es una depresión profunda, canal o barranco en un paisaje, semejando una superficie reciente y muy activa para drenaje natural.



### **Pipe**

Un pipe es un canal de desagüe por donde el agua de lluvia arrastra fragmentos de suelo.

**Imagen 10. Pipe.**

## **RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y FÍSICO-QUÍMICAS**

Dado que la mayoría de los parámetros estudiados en los suelos bajo diferentes sistemas de uso, aún presentando diferencias, se encuentran en un rango muy similar de valores, algunos de estos parámetros resultan poco diferenciadores a la hora de usarlos como indicadores para establecer niveles de calidad del suelo. Por tanto hay que buscar como indicadores de calidad aquellas propiedades del suelo que experimenten cambios rápidos y resulten fácilmente detectables por medios sencillos, permitiendo hacer una evolución de la calidad del suelo en el tiempo. Para ello se ha realizado un estudio de contraste de medias utilizando como factor de agrupamiento el tipo de suelo por un lado y el uso por otro. Los resultados estadísticos obtenidos ponen de manifiesto la existencia de diferencias significativas entre distintos parámetros usados para las diferentes estimaciones.

**Tabla 1. Diferencias significativas entre los distintos parámetros utilizando como factor de agrupamiento el tipo de suelo.**

	<b>Regosol calcárico</b>	<b>Gipsisol háplico</b>	<b>Calcisol háplico</b>
<b>Regosol calcárico</b>		CE (0,004) CO <sub>3</sub> (0,007) % Arcilla (0,135) % Arena (0,067) COT (0,364)	CO <sub>3</sub> (0,005) % Arena (0,173) % Limo (0,391) % Arcilla (0, 147) COT (0,000)
<b>Gipsisol háplico</b>	CE (0,004) CO <sub>3</sub> (0,007) % Arcilla (0,135) % Arena (0,067) COT (0,364)		CE (0,000) CO <sub>3</sub> (0,282) COT (0,003) % Arena (0,290) % Limo (0,393) % Arcilla (0,451)

<b>Calcisol háplico</b>	CO <sub>3</sub> (0,005)	CE (0,000)	
	% Arena (0,173)	CO <sub>3</sub> (0,282)	
	% Limo (0,391)	COT (0,003)	
	% Arcilla (0, 147)	% Arena (0,290)	
	COT (0,000)	% Limo (0,393)	
		% Arcilla (0,451)	

En la tabla 1 podemos observar que en relación a los distintos parámetros estudiados, los Gipsisoles háplicos y los Regosoles calcáricos presentan valores significativamente distintos en lo referente a la conductividad eléctrica (CE), el contenido en carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>), el contenido en carbono orgánico total (COT), el contenido en arcilla (% Arcilla) y el contenido en arena (% Arena). Al enfrentar los Calcisoles háplicos con los Regosoles calcáricos se aprecian claras diferencias en la textura y como en el caso anterior en el contenido en carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>) y en carbono orgánico total (COT)). Por último, entre los Gipsisoles háplicos y los Calcisoles háplicos son la conductividad eléctrica (CE), el contenido en carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>), el contenido en carbono orgánico total (COT) y la textura los parámetros que presentan diferencias significativas.

**Tabla 2. Diferencias significativas entre los distintos parámetros utilizando como factor de agrupamiento el uso del suelo.**

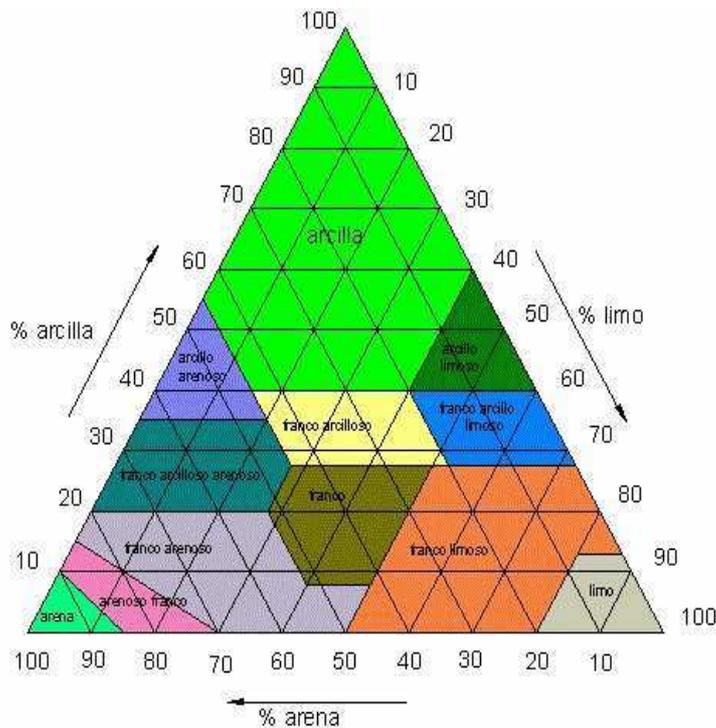
Uso del suelo	Almendros y vid	Olivos	Sin cultivo
<b>Almendros y vid</b>		CE (0,004) COT (0,032) % Arena (0,052)	COT (0,005) % Arena (0,206) CO <sub>3</sub> (0,012)
<b>Olivos</b>	CE (0,004) COT (0,032) % Arena (0,052)		CE (0,009) CO <sub>3</sub> (0,001) COT (0,000) % Arena (0,113) % Limo (0,338) % Arcilla (0,208)

<b>Sin cultivo</b>	COT (0,005)	CE (0,009)	
	% Arena (0,206)	CO <sub>3</sub> (0,001)	
	CO <sub>3</sub> (0,012)	COT (0,000)	
		% Arena (0,113)	
		% Limo (0,338)	
		% Arcilla (0,208)	

De forma similar al caso anterior, en la tabla 2 observamos las diferencias significativas entre las distintas muestras agrupadas por el uso del suelo. Así vemos que las mayores diferencias se encuentran al enfrentar los suelos ocupados por olivos y los suelos catalogados como “sin cultivo” (olivos abandonados, matorral y monte), entre éstos se dan notables diferencias en su contenido en carbono orgánico total (COT), el contenido en carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>), conductividad eléctrica (CE) y en el conjunto de las distintas fracciones que determinan la textura de estos suelos (% Arcilla, % Limo y % Arena). Al comparar el resto de suelos agrupados por su uso aparece la conductividad eléctrica (CE), el carbono orgánico total (COT) y la fracción arena (%Arena) como parámetros diferenciadores entre los suelos ocupados por olivos y los ocupados por cultivo de almendros y vid. Por otro lado, entre éstos últimos y los suelos sin cultivo los parámetros que marcan la diferencia son el contenido en carbono orgánico total (COT), el contenido en carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>) y la fracción arena (% Arena).

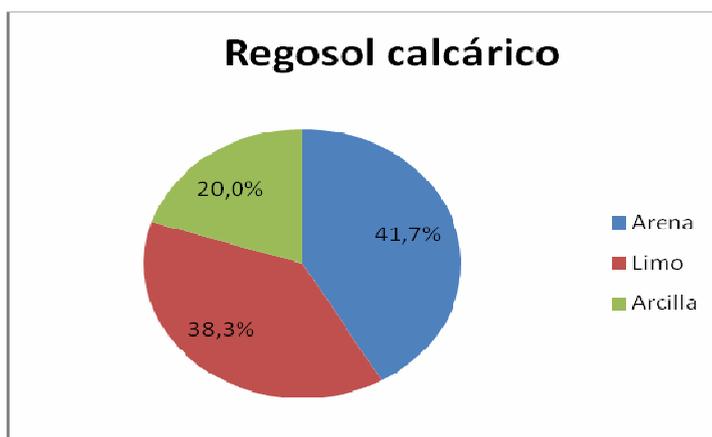
### **Análisis granulométrico. Determinación de la textura**

La fracción arcilla resulta determinante del comportamiento de un horizonte y en consecuencia del suelo y así se pone de manifiesto en la dominancia de la clase textural. Debe de haber unas tres veces más arena gruesa que arcilla para que el suelo tenga unas propiedades condicionadas por la arena (Gaucher, 1971). Un aspecto muy destacado en la zona de estudio es la erosión hídrica, hay que indicar que la textura del suelo influye en su erosionabilidad, almacenamiento de agua, formación de grietas, etc. Para el análisis granulométrico trabajaremos en base a los denominados triángulos de textura o diagramas triangulares (Figura 4).



**Figura 4. Triángulos de textura o diagramas triangulares.**

A continuación se expone un resumen de los datos granulométricos obtenidos para los distintos tipos de suelos, estos diagramas granulométricos están realizados a partir de las cantidades medias de la fracción arena, limo y arcilla de las muestras agrupadas por tipos de suelos.



**Figura 5. Diagrama granulométrico. Regosol calcárico.**

Los Regosoles calcáricos (Figura 5) presentan un 20% de arcilla, 38,3% de limo y un 41,7% de arena, por lo que de acuerdo con los diagramas triangulares estos suelos se corresponden con una textura franca.

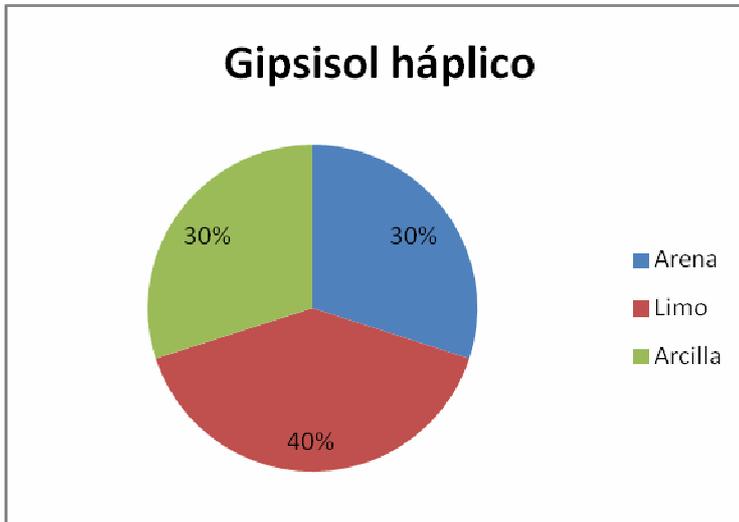


Figura 6. Diagrama granulométrico. Gipsisol háplico.

Los Gipsisoles háplicos (Figura 6) presentan aproximadamente un 30% de arcilla, un 40% de limo y un 40% de arena, por lo que de acuerdo con los diagramas texturales estos se corresponden con una textura Franco-arcillosa.

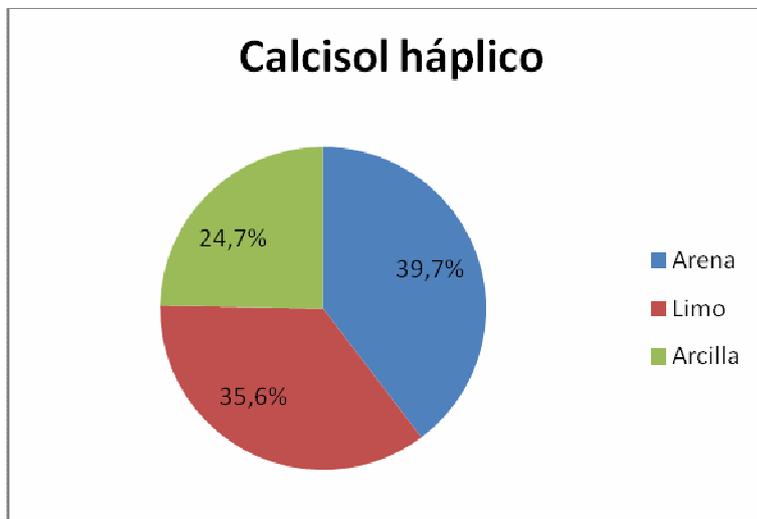


Figura 7. Diagrama granulométrico. Calcisol háplico.

Los Calcisoles háplicos (Figura 7) presentan un 24,7% de arcilla, un 35,6% de limo y un 39,7% de arena, por lo que de acuerdo con los diagramas texturales presentan una textura Franca.

A tenor de las texturas citadas podemos notar que nos encontramos en una zona con suelos algo pesados, ya que presentan importantes cantidades de arcilla, la cual influye positivamente en la calidad del suelo por su capacidad para almacenar agua y nutrientes, sin embargo éstos son suelos de difícil manejo para determinadas actividades agrícolas como la reja. Además existe una estrecha relación entre permeabilidad, retención de agua y textura. Cuanto más pesado es un suelo más restringida es su permeabilidad y mayor es su capacidad de retención. Esta relación sin embargo, se ve modificada por factores tales como la naturaleza de la fracción arcilla, el tamaño de la fracción gruesa y la estructura del suelo (Van Beers, 1970).

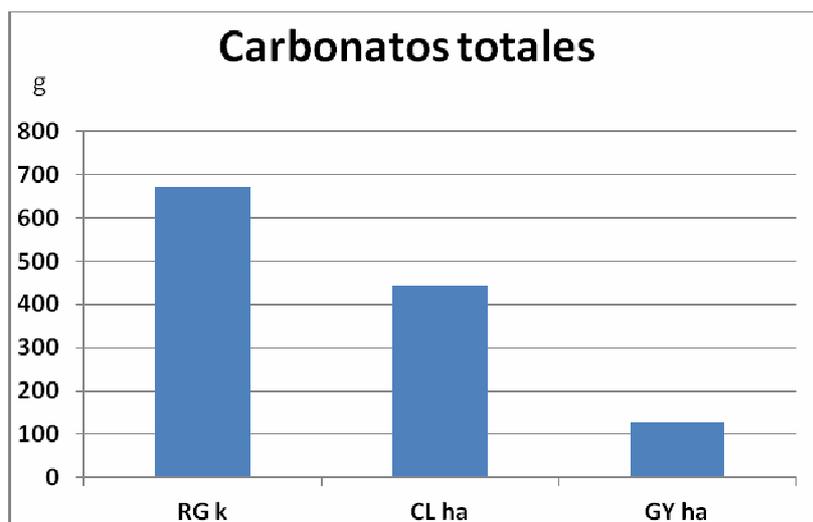
Todo esto explica el fuerte proceso erosivo que existe en el área de estudio, ya que la abundancia de partículas finas en estos suelos (limos y arcilla) proporciona una baja porosidad, por ello frente a intensas precipitaciones el agua de lluvia no infiltra con facilidad, sino que discurre superficialmente llevándose consigo importantes cantidades de suelo no permeable.

### ***Determinaciones químicas y físico-químicas***

Al igual que en el análisis de la granulometría, en este apartado vamos a trabajar con los valores medios de cada uno de los parámetros para el análisis de los datos analíticos. Los datos obtenidos de cada uno de los parámetros físico-químicos seleccionados para su análisis serán comentados atendiendo al tipo de suelo según WRB (2006) y también referido al uso al que está dedicado dicho suelo.

#### **Carbonatos totales**

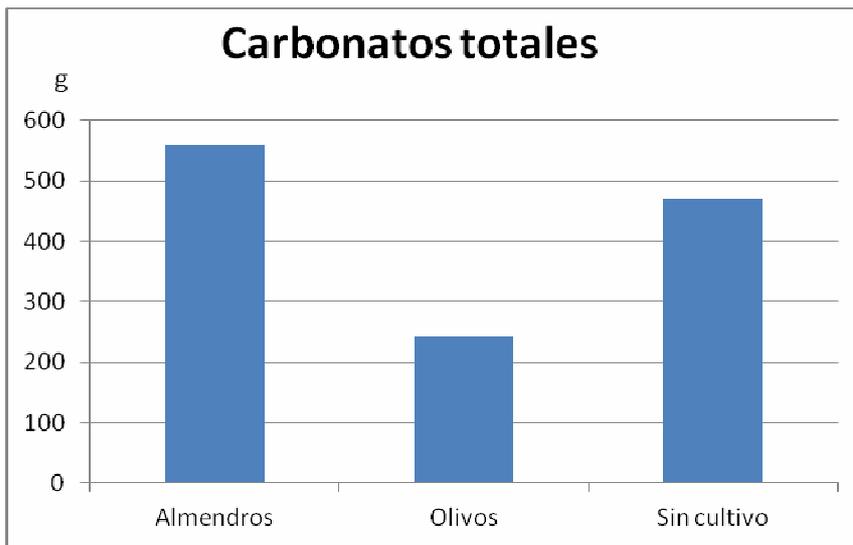
El contenido en carbonatos totales (Figura 8) nos permite determinar la posible fuente de bases de calcio y magnesio, así como la naturaleza del pH del suelo.



**Figura 8. Diagrama de concentración de carbonatos totales agrupadas las muestras por el tipo de suelo.**

Los suelos de la zona de estudio son ricos en carbonatos totales, presentan un pH medianamente básico siempre superior a 7 y altas concentraciones de carbonatos. Se observa que las mayores concentraciones de carbonato cálcico se atribuyen a los

Regosoles calcáricos, presentando valores cercanos a 700 g de  $\text{CaCO}_3/\text{kg}$  de suelo. Por el contrario en los Gipsisoles háplicos la concentración de  $\text{CaCO}_3$  apenas supera los 100 g/kg de suelo. Por otro lado, las zonas correspondientes a Calcisoles háplicos presentan valores intermedios en torno a los 400 g de  $\text{CaCO}_3/\text{kg}$  de suelo. En igualdad de condiciones, los suelos calizos son más erosionables que los que no lo son (Gomez-miguel, V.; *et al.* 1987) según la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Wischmaier, 1965) y restringiendo nuestro interés al factor k (erosionabilidad intrínseca) la influencia del carbonato cálcico en la variabilidad de la textura de estos suelos resulta desfavorable.



**Figura 9.**  
**Diagrama de concentración de carbonatos totales agrupadas las muestras por usos del suelo.**

Los suelos ocupados por cultivos de almendros presentan mayores concentraciones de carbonatos, mientras son los cultivos de olivos los que presentan menores concentraciones como puede observarse en el diagrama de concentración de carbonatos totales según usos del suelo (Figura 9). Como ya se ha indicado, ambos parámetros guardan una relación lineal. Los suelos sin cultivo presentan concentraciones intermedias de  $\text{CaCO}_3$ , aunque en general se trata de concentraciones elevadas que explican en cierto modo la erosión generalizada que observamos en la zona de estudio.

### Contenido en sales del suelo. Conductividad eléctrica del extracto de saturación

A continuación se expone un resumen de los datos de salinidad obtenidos para los distintos tipos de suelo (Figura 10).

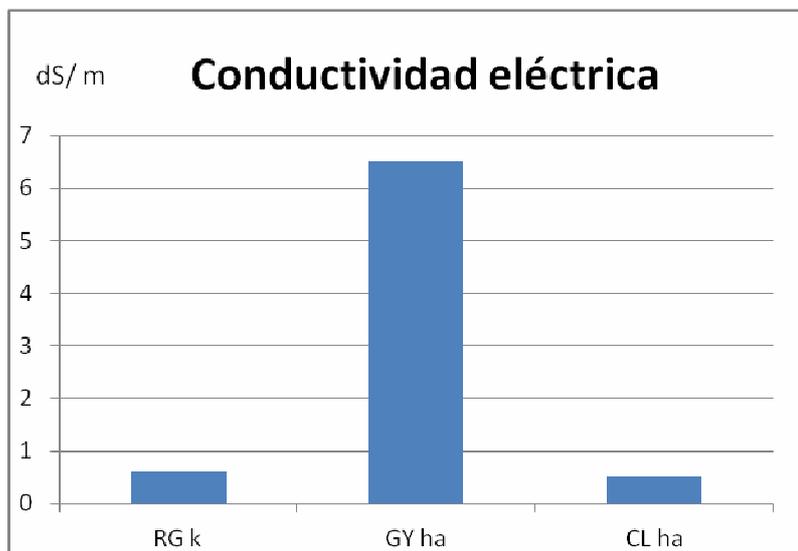


Figura 10. Diagrama de conductividad eléctrica en el extracto de saturación agrupadas las muestras por tipo de suelo.

Según el mapa de distribución de salinidad (Figura 11) se observa una concentración de sales sobre Gipsisoles háplicos, que se encuentran en una zona topográficamente deprimida a orillas del cauce, estas sales son principalmente sulfatos de calcio hidratado (yeso) pertenecientes al material original, ya que hablamos de materiales de la serie triásica, Keuper fundamentalmente, abundando las margas con sales y yeso sobre las que se desarrollan los Gipsisoles háplicos antes citados. En la parte alta encontramos cultivos sobre margas miocénicas y el monte de repoblación con coníferas sobre materiales margosos del Trías-Keuper. Los resultados demuestran que las sales originarias de los materiales triásicos de facies Keuper que constituyen el monte han sido lavadas por el agua de lluvia y acumuladas en las zonas topográficamente deprimidas. Por lo que la elevada salinidad de los Gipsisoles háplicos proviene por una parte del propio material originario como ya se ha indicado, y por otra del lavado vertical de sales que se encuentran sobre las mismas facies litológicas.

■ sin salinidad (<2dS/m)

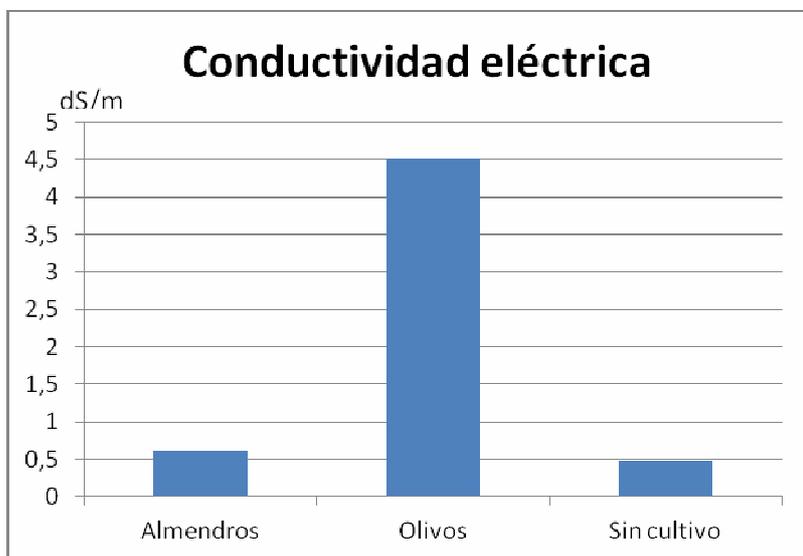
■ salinidad media (4 - 8 dS/m)

■ salinidad elevada (8 - 16 dS/m)



**Figura 11. Mapa de distribución de la salinidad en la zona de estudio.**

Las sales que aparecen en esta zona en consecuencia con su tipología de suelo, se encuentran constituidas mayoritariamente por sulfatos entre los aniones y por Calcio entre los cationes como corresponde a la presencia de yeso en el material original y como cabe esperar en las aguas de escorrentía recogidas en estas zonas deprimidas próximas al cauce del río como ya se indicó anteriormente. En segundo lugar, es el anión cloruro el que tiene mayor representación, especialmente en aquellas muestras que presentan una mayor conductividad eléctrica, sin lugar a dudas procedente al igual que el sulfato tanto de los contenidos propios del material original como de las sales solubilizadas y recogidas en estos puntos por la escorrentía. Por su parte, es el catión Sodio el que ocupa el segundo lugar en concentración entre los cationes del extracto. La presencia de una cierta proporción de iones nitrato podría indicar además la influencia de la actividad agrícola en esta área, aunque este nitrato del que hablamos también podría pertenecer al material original.



**Figura 12.**  
**Diagrama de concentración de sales agrupadas las muestras por usos del suelo.**

Desde el punto de vista de la distribución de sales en relación con los usos del suelo (Figura 12) se puede apreciar cómo es el olivo el que aparece preferencialmente en estos suelos, lo que confirma lo indicado por otros investigadores (González, *et al.* 2002) en relación a que el olivo resiste mejor la salinidad que otros árboles. La sobreabundancia de iones en la disolución del suelo dificulta la absorción de agua por parte de los cultivos, en estos suelos aparecen almendros y olivos mayoritariamente, ambos presentan una distribución diferente en cuanto a los niveles de salinidad del suelo.

### Carbono orgánico total

En general podemos indicar que los suelos sin vegetación sometidos a procesos de erosión, como es el caso de la mayoría de suelos de la zona, disponen de contenidos menores de materia orgánica que aquellos suelos que no han sufrido acción antrópica y mantienen una vegetación natural (García, *et al.*; 1998). Los colores claros que por lo general presentan los suelos de la zona nos indican que se trata de suelos pobres en carbono orgánico, sobre todo en las zonas destinadas a cultivo. En estos suelos agrícolas la descomposición de la materia orgánica se ve notablemente acelerada por la intensificación del laboreo, dado que las labores del suelo promueven una mayor aireación (González, J.; *et al.*, 2002). La zona de estudio se encuentra en la región mediterránea, caracterizada por el frágil equilibrio existente entre el suelo y la vegetación, el cuál además ha sido perturbado por el hombre en amplias áreas (López Bermúdez, 1993). Así como también se indica en la hoja 892, 1: 100. 000 Fortuna, del proyecto LUCDEME (Alias *et al.*; 1997), de forma general la zona de estudio presenta bajos contenidos en carbono orgánico.

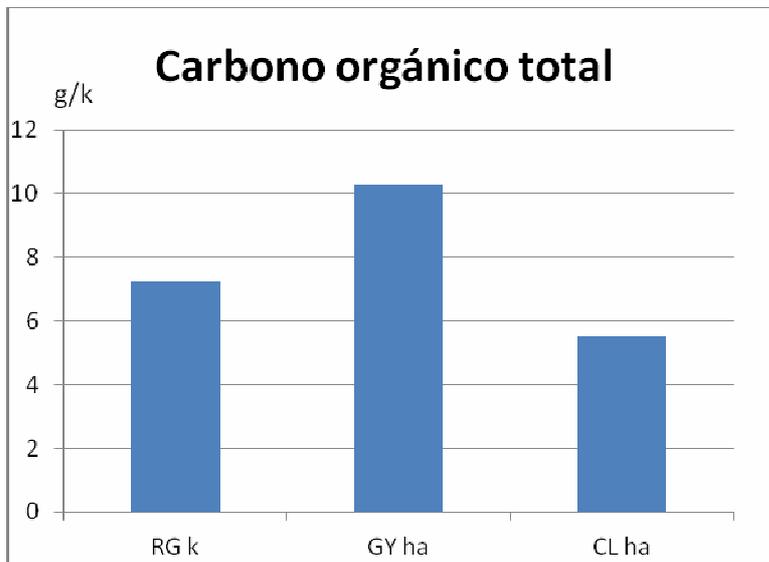


Figura 13. Diagrama de concentración de carbono orgánico total agrupadas las muestras por tipo de suelo.

Aún cuando el contenido en carbono orgánico total es bajo en todos los suelos, se aprecia una concentración algo mayor de este parámetro en los Gipsisoles háplicos (10,2 g/kg). Probablemente la aparición de estos suelos en una zona deprimida a orillas del cauce, con lo que conlleva de aportes externos y de mayor humedad, ha facilitado la algo más alta acumulación de éste elemento. En éstos, el cultivo mayoritario es el olivo, lo que ha influido positivamente en la cantidad de carbono orgánico total que aparece en el diagrama. Se observan también las diferencias de concentración de carbono orgánico total existente entre los Regosoles calcáricos (7,2 g/kg) y los Calcisoles háplicos (5,5 g/kg) como se observa en la Figura 13. De forma general existe una relación entre el contenido en materia orgánica y el valor del índice de erosión actual asignado a cada suelo.

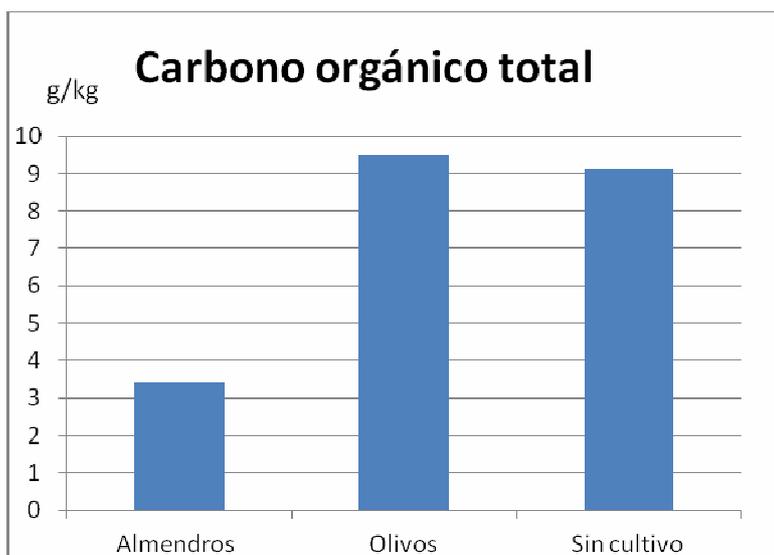


Figura 14. Diagrama de concentración de carbono orgánico total agrupadas las muestras por usos del suelo.

Por otro lado, en las zonas cuyo uso es agrícola podemos hablar de diferencias en el contenido de carbono orgánico en los suelos atendiendo al tipo de cultivo y su posición topográfica, así, según los datos analíticos obtenidos (Figura 14) los suelos que presentan menor cantidad de carbono orgánico son aquellos cuyo uso está destinado al cultivo de almendros, existiendo una gran diferencia entre aquellos que se encuentran en zonas topográficamente más elevadas con un 2,7 g/kg y los que se encuentran en zonas deprimidas afectadas por fenómenos de abarrancamiento presentando un 4,6 g/kg, seguido del cultivo de viñedo cuyo valor es de 3,5 g/kg, estos viñedos se encuentran en zonas elevadas y cabe señalar una diferencia importante entre los valores extremos pudiéndose tratar de una acumulación puntual de carbono orgánico siendo en realidad menor el valor de carbono orgánico.

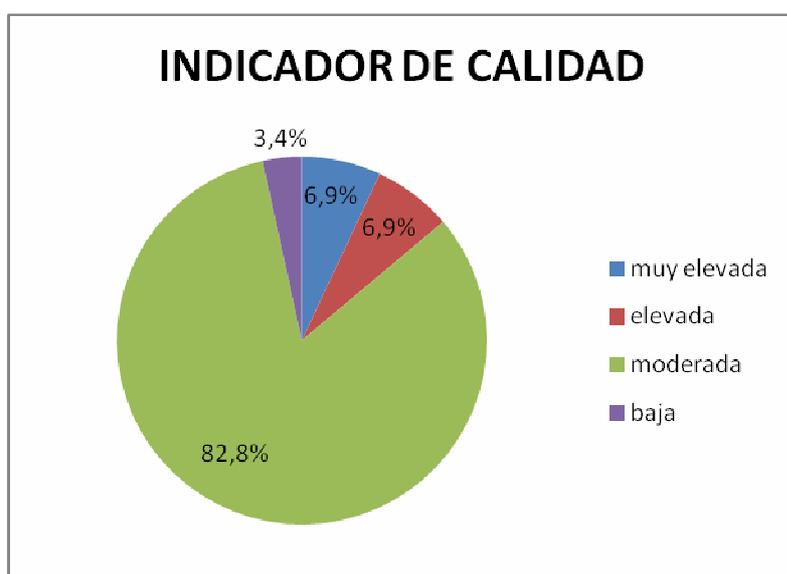
Los suelos destinados al cultivo de olivos se encuentran en zonas topográficamente deprimidas y son los que presentan mayor cantidad de carbono orgánico con un promedio de 9,5 g/kg. En contraposición a lo esperado una pequeña fracción del muestreo realizado sobre cultivos de olivos abandonados presenta menores cantidades de carbono orgánico que las anteriores, siendo la cantidad media de 2,3 g/kg, la respuesta puede estar en el factor topográfico, ya que estos olivos abandonados se encuentran en zonas topográficamente elevadas presentando un lavado más acentuado, mientras los cultivos en activo se encuentran en zonas deprimidas favoreciendo esto una cierta acumulación de carbono orgánico en sus suelos.

Los suelos mejor conservados y que presentan mayor cantidad de carbono orgánico son los definidos como matorral y monte de repoblación, agrupados junto a los olivos abandonados como suelos sin cultivo. En la zona de matorral la cantidad media de carbono orgánico es de 6,2 g/kg, mientras que en la zona de monte es de 15,2 g/kg.

Es claro por tanto que en esta zona, las prácticas agrícolas que se han llevado a cabo durante años han perjudicado la fertilidad natural de los suelos, empobreciéndolos en materia orgánica. La mayoría de cultivos siguen en activo en la zona aunque como una agricultura de subsistencia. Podemos decir que en la zona existe un factor limitante que es la escasez de agua, por lo que la recuperación natural de los suelos es muy lenta; por último resaltar lo puesto de manifiesto por Albaladejo *et al.* (1994), según estos autores, la propia deforestación para su puesta en cultivo hace que dichos suelos aumenten su temperatura hasta 4°C más que aquellos deforestados. Estos datos, además de las altas temperaturas que se registran en la zona contribuyen a mineralizar más rápidamente la materia orgánica y por lo tanto, a acelerar su disminución.

## **ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS SUELOS.**

Tras el estudio de los parámetros seleccionados de entre las propiedades físico-químicas mediante contraste de medias y de entre las características morfológicas observadas en el campo y valoradas por métodos cualitativos, éstos se utilizan de forma que realizando una síntesis con los mismos se pueda construir una vía para establecer el nivel de calidad de las distintas muestras, entendiendo ésta como la capacidad del suelo de realizar diversas funciones y la posibilidad de mantenimiento de dicha capacidad en el tiempo. Dichos parámetros son: textura, salinidad, contenido en carbonatos totales, contenido en carbono orgánico, pendiente y grado de erosión actual.



**Figura 15. Diagrama de distribución de las muestras de acuerdo al indicador de calidad.**

Se entiende por calidad del suelo a la capacidad de éste para funcionar de manera efectiva tanto en el presente como en el futuro. El indicador de calidad refleja la vocación intrínseca del medio edáfico, condicionando por tanto el tipo de propuesta final de utilización de suelos.

En base al diagrama de distribución de las muestras de acuerdo al indicador de calidad (Figura 15) podemos indicar que la mayor parte del territorio muestreado, exactamente el 82,8% presenta una moderada calidad del suelo. Un 6,9% de la superficie objeto de estudio presenta valores elevados de calidad y el mismo porcentaje, un 6,9% de los suelos muestreados, ofrecen valores que definen como muy alta la calidad de estos suelos. Sólo un 3,4% de las muestras ofrecen una baja calidad debida principalmente a una mayor concentración de sales en dichos suelos.

De acuerdo con los resultados obtenidos podemos indicar que los suelos con olivos son los suelos destinados a cultivo mejor conservados, además si tenemos en cuenta la salinidad podemos decir que éste es el cultivo que mejor se adapta a altas tasas de salinidad.

También cabe destacar como suelos del mismo tipo y con un mismo tipo de cultivo presentan variaciones de calidad atendiendo a su posición topográfica. Así los suelos que se encuentran en zonas llanas o fondos de barranco gozan de mayor calidad

que los que se encuentran en zonas elevadas o con pendientes, ya que éstos últimos se encuentran sometidos a los fenómenos de erosión hídrica tan acusados en la zona.

Señalar que los suelos menos vulnerables son los que se encuentran en zonas de escasa pendiente y soportan matorral natural. Los suelos de monte, a nivel promedio son los menos vulnerables a la erosión hídrica, pero a la vez en varios puntos de esta zona se encuentran sometidos a un elevado estrés erosivo debido a sus fuertes pendientes, haciéndolos considerablemente más vulnerables.

Podemos concluir diciendo que en la mayoría de los casos son suelos sin aptitud agrícola y que sólo bajo un tipo de agricultura de subsistencia han podido mantenerse, aunque resultan poco aprovechables. Aún así, señalar que la utilización de gran parte de los suelos del área de estudio para la agricultura bajo los distintos sistemas ha provocado una disminución general de su calidad puesta de manifiesto por los datos obtenidos.

## **CONCLUSIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos señalar las siguientes conclusiones:

1. Las presiones antrópicas de mayor influencia en la zona de estudio desde los últimos años están relacionadas con la actividad agrícola de secano y la extracción de material arcilloso.
2. Los suelos estudiados presentan síntomas de degradación tanto biológica como física y química.
3. De los cultivos que se dan en la zona podemos decir que los almendrales y viñedos resultan particularmente agresivos para las propiedades del suelo presentando unas tasas de recuperación muy bajas, mientras los olivares conservan mejor las propiedades de estos suelos.
4. La zona de estudio está sometida a un intenso estrés erosivo ocasionado por procesos hídricos, poniéndose de manifiesto que ciertas prácticas agrícolas sobre material margoso han contribuido a la disminución de éste, y por el contrario sobre los mismos materiales la extracción de arcillas está acentuando enormemente el proceso erosivo citado.
5. El contenido en carbono orgánico, el contenido en carbonatos totales, la textura, la pendiente, la salinidad y el grado de erosión actual son los parámetros que mejor definen la calidad de estos suelos y diferencian la de unos frente a otros tanto en relación con la tipología de los mismos como por el uso a que se encuentran sometidos. En base a ello, se realiza una propuesta metodológica para la evaluación de la calidad de los suelos en clima árido y semiárido.
6. Sería conveniente la limitación progresiva de las actividades antrópicas que se dan en la zona, tanto agrícolas como extractivas. En el primer caso sería necesario conservar la estabilidad del suelo mediante adecuadas prácticas de mantenimiento (ribazos, taludes, etc.) y en el segundo llevando a cabo una recuperación del espacio sometido a extracción para integrarlo en el paisaje general.

## AGRADECIMIENTOS

A Joaquín Hernández Bastida, tutor de mi proyecto fin de carrera que es la base de este artículo.

## REFERENCIAS

- Albaladejo, J.; Castillo, V.; & Martínez Mena, M. 1994. Effect of vegetal cover on runoff and soil loss. *Annals Geophysical Supp.* 12, C412.
- Alias, L.J.; Ortiz, R.; Martínez, J.; Linares, P.; Sánchez, A.; Martín, P. y Alcaraz, F. 1997. Proyecto Lucdeme. Mapa de suelos. Fortuna - hoja nº 892. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza.
- Alias, L.J.; Ortiz, R.; Hernández, J.A.; Sánchez, A.; Marín, P.; Linares, P. y Martínez, J. 1999. Mapa digital de suelos de la Región de Murcia. Comunidad Autónoma de Murcia.
- Anne. 1945. *Ann. AGRO*, 2, 161-172.
- Añó, C. 1996. Metodología de evaluación de suelos para el ámbito mediterráneo. Servicio de publicaciones de la Universidad de Valencia. Valencia.
- Añó, C.; Sánchez, J. & Antolín, C. 1997. Land evaluation methodology for Mediterranean environment. *Advances in Ecological Sciences, 1. Ecosystems and sustainable development.*
- Añó Vidal, C; Sánchez Díaz, J. y Antolín Tomás, C. 1998. Interpretación de la información edafológica en el ámbito mediterráneo valenciano: indicador de capacidad e indicador de vulnerabilidad. En: *Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (Nº 4)*. Pp. 177 - 130.
- Arana Castillo, R.; Rodríguez Estrella, T; Mancheño Jiménez, M.A.; Guillén Mondejar, F.; Ortiz Silla, R.; Fernández Tapia, M.T. y Del Ramo Jiménez, A. 1999. Cabecera del Río Chícamo (Abanilla). En: *El patrimonio geológico de la Región de Murcia*. Fundación Séneca. Conserjería de Educación y Cultura de la Región de Murcia.
- Base referencial mundial del recurso suelo. Organización de las naciones unidad para la agricultura y la alimentación. 1999.
- Blum, W.E.H. 1990. The challenge of soil protection in Europe. *Environmental Conservation* 17.
- Blum, W.E.H. 2000. Soils quality indicators base don the soil functions. *European society for Soil Conservation. III International Congress. Man and soil at the Third Millennium.*
- Bouma, J. 1997. Soil environmental quality: a European perspective. *Journal of Environmental Quality* 26.
- Bower, C.A. & Wilcox, L.V. 1965. "Soluble salts". En C.A. Black, Ed. *Methods of Soil Analysis, part. 2, 933 - 940*, Amer. Soc. Agronomy, Inc. Madison. Wis.

- Doran, J.W. & Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. In J.W. Doran *et al.* (ed) Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. Pub. 35. SSSA and ASA. Madison, WI.
- Doran, J.W.; Sarrantonio, M. and Liebig, M. 1996. Soil health and sustainability. In: D.L. Sparks (ed). *Advances in Agronomy, VOL. 56*. Academic Press, San Diego, CA.
- FAO. 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelo. 2ª Ed. FAO. Roma.
- García, C.; Hernández, T.; Albaladejo, J.; Castillo, V. & Roldán, A. 1998. Revegetation in semi-arid zones: influence of terracing and organic refuse on microbial activity. *Soil Science Society of America Journal*, 62.
- Gaucher, G. 1971. El suelo y sus características agronómicas. Ed. Omega. Barcelona.
- Gómez-Miguel, V. y Nieves, M. 1987. Propiedades y manejo de los suelos con acumulaciones calizas en la comunidad Castellano-Manchega. INIA-MAPA. Madrid.
- González Parra, J.; Vázquez-Garranzo, I; Martí Rubí & Moreno García, A.M. 2002. Calculation of reference values of trace elements in soil in the community of Madrid (Spain). En *Man and Soil at The Third Millennium. Third International Congress of the European Society for Soil Conservation*. Ed: J.L. Rubio, R.P.C. Morgan, S. Asins y V. Andreu. Logroño. España.
- Karlen, D.L.; Wollenhaup, N.C.; Doran, J.W.; Cline, R.G.; Harris, R.F. & Shuman, G.E. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation (A Guest Editorial). *Soil Sci. of Am. J.* 64, 4-10.
- Larson, W.E. and Pierce, F.J. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. J. Dumanski *et al.* (Ed). In: *Evaluation for sustainable and management in the developing world. Vol2: Technical paper*. Proc. Int. Worksh., Chiang Rai, Thailand. 15 - 21 Sep. 1991. Int. Board for Soil Res and Manage. Bangkok. Thailand.
- Lopez Bermúdez, F. 1993. La erosión del suelo en riesgo de desertificación de España. En: *Medioambiente y desarrollo antes y después de Río-92*. Fundación Marcelino Botín, Santander, Spain.
- Lugar de Importancia Comunitaria. Río Chícamo (ES6200028). Conserjería de Agricultura y Agua. Región de Murcia. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad.
- Munsell Colour Company: *Munsell Soil Colour Chart*. Munsell Colour, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation. Maryland, USA. 1998.
- National Research Council of America. 1993. Soil and water quality: An agenda for agriculture. National Academy Press, Washington. DC.
- Parr, J.F.; Papendick, R.I.; Hornick, S.B. & Meyer, R.E. 1992. Soil quality: attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. *American J. of Alternative Agriculture*.

- Peech, M. 1965. "Hydrogen-ion activity". In C.A. Black, Ed. *Methods of Soil Analysis, part. 2*, 914 - 916. Amer. Soc. Agronomy. Inc. Madison, Wis.
- Pierce, F.J. and Larson, W.E. 1993. Developing better criteria to evaluate sustainable land management. In: *Utilization of Soil Survey Information for Sustainable Land Use*. J.M. Kimble, ed. Washington, DC: USA Department of Agriculture, Soil Conservation Service.
- Porta Casanellas, J. y López-Acevedo Reguerín, M. 2005. Agenda de campo de suelos.
- Powers, J.F. & Myers, R.J.L. 1989. The maintenance or improvement of farming system in North America and Australia. In J.W.B. Stewart, ed. Soil quality in semiarid agriculture. Proc. Of an Int. Conf. sponsored by the Canadian Int. development Agency, Saskatoon, Saskatchewan, Saskatoon, Canada.
- Recatalá, L. y Sánchez, J. 1993. Propuesta metodológica para valoración de la calidad ambiental de suelos para evaluación de impacto ambiental en el ámbito mediterráneo valenciano. In: R. Ortiz Silla (Ed) *Problemática Geoambiental y Desarrollo*. SEGAOT. Murcia.
- Recatalá, L.; Fabbri, A.G.; Zinck, J.A.; Francés, E. and Sánchez, J. 2000. Environmental indicators for assessing and monitoring desertification and its influence on environmental quality in Mediterranean arid environments. *European Society for Soil Conservation. III International Congress. Man and soil at the third millennium*.
- Sims, J.T.; Cunningham, R.L. and Summer, M.E. 1997. Assessing soil quality for environmental purposes. Roles and challenges for soil scientists. *J. Environ. Quality*, 26.
- SSSA. (1995). Soil Science Society of América. Statement and Soil Quality. Agronomy News. June 7. Soil Science Society of América, Madison, WI.
- Van Beers, W.F.J. 1970. *The Auger-Hole method*. ILRI. Wageningen.
- Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. 1965. *Soil loss estimation as a to in soil and water management planning*. Int. assoc. hydrol. Phl. 59. USDAN N° 282.
- WRB. World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication. Food and agriculture organization of the United nations. Rome, 2006.

**Region de Murcia Digital. Naturaleza. Cabecera del Río Chícamo.**  
(<http://www.regmurcia.com>).

**Ide REGIÓN DE MURCIA.** (<http://www.cartomur.com>).