

# FACTORES EDÁFICOS DIFERENCIADORES EN SUELOS REFORESTADOS. EL CASO DE LOS MONTES DE MÁLAGA

JOSÉ M<sup>a</sup> SENCIALES GONZÁLEZ  
RAFAEL BLANCO SEPÚLVEDA

## RESUMEN

Los suelos del Parque Natural de los Montes de Málaga dejan ver evidencias de regeneración edáfica después de más de 50 años de evolución, desde que se iniciaron las tareas de reforestación. En este trabajo se abordan una serie de análisis comparativos a partir de las características promediadas de los suelos del Parque, de una explotación ganadera próxima y de varias parcelas dedicadas a uso agrícola, todas ellas con unos sustratos y valores climáticos próximos, de modo que poseen unas propiedades formadoras parecidas. A partir de estos factores comunes, pueden establecerse las diferencias edáficas en función del uso que poseen dichas áreas.

## ABSTRACT

The soils of Natural Park of Montes de Málaga let us see evidences of edaphic regeneration after an evolution of more than fifty years, since did began reforestation. In this work we attempt to comparatives surveys since average characters of the soil of the Natural Park, the soils of a cattle farm, and the soils of several agricultural farms; all theys have nearby substratum and climate values. Since these common factors, we can establish edaphic differences in relation to the land-use of its areas.

## 1. INTRODUCCIÓN

Está asumido por la comunidad científica que la regeneración forestal de un espacio produce beneficios al sistema ecológico, siempre que exista un seguimiento adecuado de dicha regeneración y se hayan introducido las especies apropiadas. En general, la atención se centra casi exclusivamente sobre la fitocenosis o sobre la fauna, pero rara vez sobre el sistema edáfico que sustenta

a dicha fitocenosis y a parte de la fauna. Si consideramos que la producción y evolución del suelo es un proceso que puede llevar miles de años, frente a su pérdida que puede producirse a mucha mayor velocidad, de su conservación depende enormemente la posibilidad del mantenimiento de la biocenosis, o de su regeneración en caso de pérdida.

Presentamos la valoración de las medidas de corrección realizadas sobre un suelo históricamente dedicado a un uso agrícola y ganadero. Hemos realizado una investigación con dos objetivos bien distintos: identificar los factores comunes y diferenciadores en la formación edáfica dentro de los Montes de Málaga, e identificar los factores edáficos diferenciadores de la evolución del suelo en áreas reforestadas; en este último objetivo centramos el presente artículo, mientras abordamos el primer objetivo en la Blanco y Senciales (en este mismo número).

## 2. ENCUADRE GEOLÓGICO

El conjunto conocido como Montes de Málaga hace referencia a una serie de materiales predominantemente pizarrosos de débil metamorfismo (filitas precámbricas) y esquistosos de origen paleozoico en el que, además, deben señalarse una gran variedad de otros materiales en menor proporción. Entre ellos destacan las denominadas calizas alabeadas, calizas que con frecuencia resultan difíciles de diferenciar de las pizarras debido a su alta tectonización. Se añaden, en menor proporción, grauwacas (aunque abundantes en la zona norte de los Montes de Málaga), metareniscas, diabasas, conglomerados de cuarzo, areniscas, yesos, arcillas, margas, calizas masivas... Pero esta gran variedad se conjuga para dar un relieve muy homogéneo de laderas escarpadas de tipo convexo y una gran compartimentación provocada por una alta densidad de drenaje.

Si analizamos estructuralmente este conjunto fisiográfico, dos grandes unidades pueden distinguirse dentro de las Unidades Internas de los Sistemas Béticos a los que pertenecen: el Manto Maláguide y el Alpujárride. El primero se caracteriza por el antes mencionado predominio pizarroso, mientras que el segundo destaca por los esquistos. En cierto modo, el segundo viene a coincidir con parte de la comarca conocida como Axarquía, mientras que el primero, que además alcanza las mayores alturas (en coincidencia con la presencia de calizas alabeadas), viene a denominarse, propiamente, Montes de Málaga; éste conjunto se extiende de oeste a este, de modo aproximado, entre los ríos Guadalhorce y Vélez; por el sur queda delimitado por el mar y llanuras aluviales, y por el norte por las margas, arcillas y areniscas del Corredor de Colmenar. En los Montes centraremos nuestro análisis.

### 3. PROCESO HISTÓRICO

Sobre este conjunto se ha desarrollado una intensa actividad humana que se incrementó especialmente con la dominación cristiana. Durante la época nazarí, las tierras cultivadas eran escasas, dedicándose las existentes en gran medida a los pequeños cultivos hortícolas y a la arboricultura: vides, almendros y, sobre todo, higueras, complementado con olivos y moreras (Gómez Moreno, 1989). El resto estaría ocupado por el monte, aunque sin las densidades forestales que se alcanzarían probablemente en la Sierra Tejada. También son destacables las áreas dedicadas a pastos, si bien la ganadería, como la población, no era demasiado densa. No obstante, en el siglo XV ya se dejan notar algunos efectos de la paulatina deforestación de los Montes, con inundaciones afortunadamente inocuas.

Durante y tras la toma de Málaga por los Reyes Católicos, la cubierta vegetal de los Montes de Málaga, como es sabido, se modificó enormemente: las talas y quemas, comunes en los sitios de ciudades, junto con el cambio de usos hacia una intensificación progresiva (también mediante roturación) de la ya extensa vid y del olivo, fundamentalmente, así como de la ganadería, dan lugar al descarnamiento de los suelos de los Montes de Málaga. Los antiguos suelos ricos en arcillas son decapitados, perdiendo gran parte de su riqueza fundamental, que va a parar a los ríos y, de ahí, al mar. Ríos como el Guadalmedina o el Vélez, además de dejar de ser permanentes, se suceden en inundaciones. El Guadalmedina registra la primera gran inundación en 1544, pero vuelven en 1561, 1580 y 1597. En el siglo XVII se contabilizan 13 inundaciones, en el XVIII, 4 más y en el XIX se intensifican nuevamente, llegando a 17 (Casermeiro et alii., 1994).

El viñedo, de gran extensión en la provincia de Málaga, con más de 1.100 km<sup>2</sup> en el siglo XIX (Solano Sobrado, 1991), puede ser considerado como una de las causas indirectas de estos comportamientos agresivos de los caudales. Presenta una enorme desprotección del suelo ante las lluvias de otoño-invierno, precisamente las más abundantes en nuestro clima, al ser, como el almendro, un arbusto caducifolio. Su ubicación preferente en los Montes de Málaga ha sido, de modo tradicional, terrenos pizarrosos y esquistosos que destacan por sus pendientes (mientras que sobre bajas pendientes son posibles otros tipos de cultivos). Se instala con albarradas o albalates (miniterrazas en ocasiones inferiores a 2 m<sup>2</sup>) y se realizan sangrías para evitar el arrastre de las cepas ante fuertes lluvias; estas sangrías son cauces o canales de desagüe rápido que el agricultor realiza, y que se van profundizando de modo natural aumentando la densidad de drenaje, pero que evitan la destrucción del viñedo por arroyada concentrada (Senciales, 1990 y 1995). Otra cosa es lo que sucede con la arroyada difusa: la erosión laminar barre la parcela, pero concentra material sobre

las albarradas (al ser pequeñas rupturas de pendiente), posibilitando su permanencia pese a que el resto del terreno pueda llegar a ofrecer roca viva, como es habitual ver en algunos viñedos actuales de los Montes de Málaga.

Si los viñedos ofrecían prácticamente un monocultivo, la crisis de la filoxera supuso su desaparición casi total, con las consecuencias que de esto puede extraerse. Siguiendo a Solano Sobrado (*op. cit.*, 40-46), debemos señalar que comenzó en la provincia de Málaga de modo oficial en julio de 1877 en el municipio de Moclinejo y en poco más de un mes eran ya 200.000 las cepas afectadas. Dos años más tarde se extendía por la cuenca del río Vélez y en 1881 afectaba plenamente a los municipios de Málaga, Colmenar, Casabermeja y Almogía. Por tanto, el conjunto de los Montes de Málaga, en la zona central, correspondiente a los municipios de Málaga, Colmenar y Casabermeja, comienza a ser desocupado en estas fechas ante la ruina del único modo de vida de los pobladores de la zona. En este año, del total del viñedo provincial (112.872 Ha.) casi un 74% estaba ya afectado por la filoxera. Diez años más tarde era toda la superficie provincial la que estaba afectada y, de ella, la mayor parte eran cepas irrecuperables (92'5%).

Las pérdidas de población generadas por esta crisis se mezclan con las provocadas por la epidemia de cólera de 1885 (cerca de dos millares de víctimas) y el gran terremoto de 1886 (varios centenares). Así, entre 1877 y 1887, el partido judicial de Colmenar pierde 3.000 habitantes (algo más de un 10% de su población) y el de Vélez 3.975 (9%). Entre 1887 y 1897 continúa la merma de población, con 2.720 habitantes menos en el partido de Colmenar (10'4%) y 1.380 en el de Vélez (3'5%), afectando este hecho incluso a Málaga, que sufre una pérdida de 9.565 habitantes (6'3% de los 151.810 habitantes que tenía en 1887) (Solano Sobrado, *ibidem cit.*, 207-221), de ellos 407 contabilizados en los Montes, a los que deben sumarse 804 más en los tres años de fin de siglo (tomado de Casermeiro et alii, *op. cit.*). Las pérdidas cesarían en los partidos judiciales a principios del siglo XX, pero la población no se recuperó, simplemente se estancó, en tanto que los Montes de Málaga siguieron despojándose.

El abandono generalizado de los Montes a finales del siglo XIX no se acompañó de un cambio de usos, salvo, si acaso, el ganadero, lo que contribuyó a impedir la regeneración natural de estos suelos esquilados. Si imaginamos al suelo desnudo con el viñedo en invierno, pero con cierta protección por sus hojas el resto del año, pensemos en la situación que ofrece ese mismo viñedo muerto: el desierto. Quien haya observado algunas fotos de la época, encontrará mayor parecido a los Montes de Málaga con un desierto montuoso que con su configuración actual. Si a ello añadimos el hecho de la naturaleza impermeable del sustrato pizarroso, se entiende que la escorrentía fuese altísima ante cualquier tipo de precipitación, lo que contribuyó a que los caudales

de los ríos, ya usualmente espasmódicos y violentos, pasasen a tener picos de crecida enormes.

Así, a principios del siglo XX se producen tres inundaciones seguidas y, posteriormente, la gran inundación del 23 de septiembre de 1907, que produjo estragos en la población de Málaga, pero también a lo largo de la cuenca del río Vélez. Se declaran urgentes las medidas de corrección del problema, si bien hasta 12 años más tarde no se elabora un primer proyecto de intervención hidrológico-forestal en el que se considera la necesidad de actuar sobre 128 km<sup>2</sup> de la cuenca del río Guadalmedina (del total de 181 Km<sup>2</sup> de su cuenca). Los trabajos comienzan en 1930, pero el proyecto aprobado en 1927 sólo contempla 4.762 Ha. por cuestiones presupuestarias (tomado de Casermeiro et alii, *ibidem.*). Se controla el acceso de ganado para posibilitar la regeneración. Se inician los trabajos en la cabecera del río Chaperas, pero se interrumpen por la Guerra Civil, reanudándose en los años 50. Debido a esto, en la actualidad existen áreas en las que el bosque es bastante más antiguo que en otras. Paralelamente, se construyen diques de corrección de barrancos y garitas de vigilancia contra incendios. Los Montes son considerados como Parque Forestal y se consigue la compra de algunas otras fincas para su extensión. Así, en 1989, el área expropiada por el Estado en los años 30, pasa a ser declarada Parque Natural, con una extensión de 4.900 Ha. (el segundo más pequeño de la Comunidad Autónoma tras el Acantilado y Pinar de Barbate). El éxito de las medidas de reforestación permite comenzar a introducir en determinadas áreas del Parque la vegetación autóctona potencial y ayudar al crecimiento de la espontánea surgida mucho antes, de modo que existen áreas de encinar y alcornocal, frente a la gran masa de pinar de repoblación.

#### 4. LOS SUELOS DE LOS MONTES DE MÁLAGA

El proceso sufrido por los suelos de los Montes de Málaga a causa de la actividad humana en unión con la agresividad climática ha dado lugar a que los suelos visibles en la actualidad sean prácticamente un sombra de lo que pudieron ser en otros tiempos. Cuando el suelo ha podido conservarse de modo adecuado, salvándose de la roturación y erosión, llegan aún hoy día a verse perfiles de gran profundidad y desarrollo.

El proceso característico de alteración por hidrólisis de las rocas pizarrosas junto con la fersialitización clásica de áreas mediterráneas y subtropicales dan lugar a la creación de suelos profundos, arcillosos con la combinación de varios horizontes B iluviales y de alteración (A-Bt-BW-C), mientras que la rápida mineralización del humus debida a unas precipitaciones moderadas (aunque altas respecto al entorno) y sobre todo elevadas temperaturas, permitirían

en las zonas más altas la presencia generalizada de luvisoles; mientras, en las zonas más bajas, la menor pluviometría y mayor insolación, dificultaría la mineralización y daría lugar a horizontes superficiales (A) más ricos en materia orgánica, permitiendo la presencia de Cambisoles y, en las áreas calcáreas, Kastanozems y Phaeozems.

Pero ésta no es la situación actual. Mientras en las zonas más elevadas se han conservado abundantes áreas en las que aún es posible apreciar suelos rojos de importante espesor, el predominio, sin embargo, es compartido con los leptosoles y, en menor medida, cambisoles (Ferre y Senciales, 1996). En las zonas más bajas, los luvisoles son prácticamente inexistentes, y sólo en las zonas de rellanos aparecen cambisoles. En cuanto a los kastanozems, no está documentada su presencia en ningún punto de los Montes de Málaga, mientras que los phaeozems se conservan en pequeñas áreas como inclusiones con leptosoles (Mapa de Suelos, Hoja 1.053-Málaga, Proyecto LUCDEME). También puede señalarse la presencia de leptosoles réndricos (las denominadas rendsinas) o suelos esqueléticos ricos en materia orgánica, preferentemente sobre laderas calcáreas poco alteradas.

Es de destacar, dentro del dominio de leptosoles del área sur de los Montes de Málaga, la presencia, a veces en áreas extensas, de suelos de escaso espesor pero de tonalidades rojizas. Se trata, precisamente, de los vestigios de esos antiguos suelos profundos que fueron roturados y de los cuales, actualmente, sólo queda su huella o pequeñas inclusiones.

En esta evolución es posible apreciar algunas influencias a la hora de deducir la evolución previa. Es evidente que el clima es un importante responsable de la evolución de los suelos, y también de parte de su composición. Así, un suelo bajo una zona lluviosa experimentará procesos más rápidos de iluviación de arcillas que, por ejemplo, en una zona semiárida. Así, si tenemos en cuenta los aproximadamente 500 mm. de promedio anual de precipitaciones existentes en el entorno de la ciudad de Málaga, y los contrastamos con los más de 750 mm. registrados en las cumbres de los Montes, se infiere enseguida que la evolución debe ser diferente, como diferente es la vegetación potencial correspondiente. De hecho, mientras el balance hídrico puede considerarse positivo en torno a los 750 m. de altura, es claramente deficitario en cotas inferiores.

Hemos hecho referencia a la vegetación. Si tenemos en cuenta la pluviometría, junto con la cercanía a núcleos urbanos, mayor en las zonas más bajas, en las zonas elevadas se cuenta con una mayor densidad de vegetación natural, en ocasiones en fases seriales bastante avanzadas, cuando no climácica. Con ello, los aportes de materia orgánica son claramente superiores en las áreas más elevadas de los Montes que en las más bajas. Si, además, se encuentran bajo una protección forestal, es decir, dentro del Parque Natural y algunas zonas aledañas, el aporte de materia orgánica debe ser más abundante. Ello per-

mite señalar estos suelos, a priori, como más susceptibles de evolucionar hacia mejores condiciones edáficas que, por ejemplo, los situados en el entorno de la ciudad de Málaga. Pero para sostener esta hipótesis, basada en principios teóricos, contamos con datos suficientes que desgranaremos a continuación.

En trabajos anteriores (Ferre y Senciales, *op. cit.*; Senciales y Ferre, 1996) se han abordado las relaciones de la fisiografía, litología y clima con las características edáficas del Parque Natural de los Montes de Málaga, así como las evidencias de regeneración edáfica que parecían deducirse de tales características, pero comparando sólo algunos aspectos de los suelos circundantes. En este trabajo hemos pretendido aumentar el número de factores de comparación, junto con el número de muestras, de modo que se puedan contrastar tres ámbitos clásicos de los Montes: forestal, agrícola y pastoreado.

#### **4.1. Unidades Geomorfoedáficas en el Parque Natural de los Montes de Málaga**

Excluyendo los materiales pliocuaternarios de las cercanías a la ciudad de Málaga, la mayor parte del Parque Natural de los Montes de Málaga se sitúa sobre varios tipos de litología: filitas, calizas alabeadas, grauwacas y diabasas; estas últimas aparecen como frecuentes inclusiones, en ocasiones decimétricas, imposibles de cartografiar, pero cuya presencia determina en ocasiones la presencia más abundante de suelos arcillosos, por su facilidad de alteración. A estos materiales hay que sumar los suelos aluviales recientes de los fondos de barrancos y arroyos principales, así como los depósitos de ladera; en ambos casos, su escasa extensión, exceptuando algunas terrazas del río Guadalmedina y del arroyo Chaperas, hacen también imposible su cartografía.

Estos materiales aflorantes presentan una fisiografía homogénea, pero sin embargo variada al analizarse en detalle, de modo que se obtienen catorce tipos de unidades a las que se le asignan trece tipos de asociaciones de suelos (las unidades 12 y 14 poseen una misma asignación) (Tabla 1).

En gran medida, estos mismos valores pueden ser asignados al conjunto de los Montes de Málaga, no sólo al Parque Natural, entendiendo la unidad denominada como El Pinar aquella zona de los Montes de Málaga situada en cotas superiores a 800 m. y orientada al norte, de modo que la pluviometría es mayor, la temperatura más baja y la humedad retenida en el suelo también mayor (piso bioclimático mesomediterráneo). La unidad denominada Chaperas se puede extender a los valles transversales más elevados, siendo un área de transición a la anterior (horizonte inferior del piso mesomediterráneo); mientras que la unidad El Cerrado se correspondería con las zonas elevadas (por encima de los 650 m.) con macroexposición sur, donde el balance hídrico comienza a ser positivo o sólo ligeramente negativo (termomediterráneo supe-

rior, con ombroclima subhúmedo). El conjunto de laderas situado por debajo de tales cotas se incluiría en la denominación Sur .

Ahora bien, debe precisarse que, aunque en líneas generales puede haber una extrapolación más o menos acertada de las unidades geomorfoedáficas al exterior del Parque Natural, existen elementos que dejan clara la existencia de una regeneración edáfica, objetivo de nuestro trabajo.

**TABLA 1**  
**Unidades geomorfoedáficas del Parque Natural de los Montes de Málaga.**

Unidad Fisiográfica	Asociación (+ inclusión en su caso)
1. Fondos de valle escarpados	Roca aflorante
2. Laderas muy escarpadas y peñones de calizas masivas	Leptosol lítico + Roca aflorante
3. Terrazas aluviales	Fluvisol éutrico
4. Fondos	Regosol éutrico + Leptosol éutrico + (Leptosol lítico)
5. Laderas escarpadas del Sur	Leptosol éutrico + Leptosol lítico + (Regosol éutrico)
6. Laderas inclinadas del Sur sobre filitas	Leptosol éutrico + Leptosol lítico + (Regosol éutrico + Calcisol háplico)
7. Laderas inclinadas del Sur sobre calizas alabeadas	Leptosol éutrico + Leptosol lítico + (Regosol éutrico + Calcisol pétrico)
8. Rellanos sobre filitas	Leptosol éutrico + Cambisol éutrico
9. Rellanos sobre calizas y sobre calizas, filitas y grauwas	Leptosol éutrico + Calcisol pétrico + (Cambisol Crómico)
10. Laderas escarpadas sobre filitas El Cerrado	Leptosol éutrico + Cambisol éutrico (+ Cambisol crómico + Regosol éutrico)
11. Laderas escarpadas y cumbres sobre calizas El Cerrado	Leptosol éutrico + Cambisol crómico (+ Regosol éutrico)
12. Laderas y cumbres Chaperas	Cambisol crómico + Leptosol éutrico (+ Regosol éutrico)
13. Laderas y cumbres El Pinar sobre filitas	Luvisol crómico + Leptosol éutrico + Cambisol crómico (Regosol éutrico)
14. Laderas y cumbres El Pinar sobre calizas, filitas y grauwas	Cambisol crómico + Leptosol éutrico (+ Regosol éutrico)

(Modificado de Ferre y Senciales, 1996).

#### **4.2. Los factores edáficos diferenciadores del Parque Natural de los Montes de Málaga**

Para analizar los factores edáficos que diferencian el área conocida como Parque Natural de los Montes de Málaga con respecto a las superficies no



reforestadas del entorno, hemos hecho uso de una serie de perfiles ya realizados en otros trabajos o por otros autores. Así, para los suelos del Parque Natural, se han utilizado los perfiles ya expuestos en Ferre y Senciales *op. cit.* y Senciales y Ferre, *op. cit.*, revisando algunos de sus valores y excluyendo aquellos que, dentro del Parque Natural, no son representativos del conjunto fisiográfico y litoestructural de los Montes de Málaga. Para compensar estas exclusiones se han hecho uso de dos perfiles de suelos realizados por el proyecto LUCDEME en los cerros del Viento y de la Reina, dentro del Parque.

Para contrastar estos suelos con áreas agrícolas cercanas, sobre filitas, sobre calizas alabeadas o sobre filitas, calizas y grauwacas, se ha hecho uso de esta misma última fuente y se han seleccionado cuatro perfiles más.

Para el contraste con áreas dedicadas a uso ganadero se han utilizado los perfiles de suelos realizados por Blanco (2000) en el área septentrional de los Montes a unas cotas comprendidas entre 770 y 970 m.

En todas las fuentes utilizadas ha sido común el uso de la clasificación de suelos de la FAO (1989), actualizando sus resultados con la última revisión de dicha clasificación en 1998.

En cuanto a la información extraída de dichas fuentes, fisiográficamente se han tenido en cuenta los valores de altitud, pendiente, posición fisiográfica y exposición (macro, meso y microexposición del perfil). Se ha considerado el sustrato y el índice de humedad de Thornthwaite (Precipitación entre Evapotranspiración Potencial) si bien este último se ha utilizado únicamente para trazar áreas. La vegetación se ha obviado, entendiendo vegetación forestal, normalmente con tres estratos, en el Parque Natural; cultivos de almendro u olivo con alguna encina en la zona cultivada; y matorral de densidad baja a media, con algunos pies de encina en la zona pastoreada. Seguidamente se han contrastado los siguientes valores analíticos de los perfiles: Profundidad, Textura, Contenido en Gravas, Materia Orgánica, Estructura, pH, cationes de cambio (Ca, Mg, Na y K), Capacidad de Cambio Catiónico, Coeficiente de Saturación, Conductividad Eléctrica, Óxido de Potasio (Potasio asimilable), Peróxido Fosfórico (Fósforo asimilable), Nitrógeno Asimilable, Relación C/N, tipo de humus, la capacidad de retención hídrica normal (o capacidad de campo) y la capacidad de retención hídrica en el punto de marchitamiento permanente. Finalmente, hemos valorado la erosionabilidad *per se* de estos suelos, a partir de la utilización del factor K de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) (WISCHMEIER & SMITH, 1958)

Del análisis de estos valores surgen una serie de resultados muy esclarecedores del grado de evolución del suelo y de diferenciación en función de la masa vegetal y uso humano que caracterice a la superficie.

Por una parte, se han comparado la totalidad de perfiles de cada una de las zonas, promediadas sus características, y a continuación se han analizado ex-

clusivamente los horizontes A. Por otra parte se han centrado los análisis exclusivamente en las áreas elevadas del Parque Natural, con objeto de que las comparaciones promediadas tuviesen valores aproximados no sólo en cuanto a litología, sino también en cuanto a características microclimáticas. En los casos en los que los suelos contasen con varios horizontes A claramente definidos los valores obtenidos han sido también promediados.

Finalmente, a todos estos valores comparados se ha añadido el cálculo del factor K de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo, con objeto de conocer la susceptibilidad de erosión *per se* de los suelos analizados.

Así pues, a continuación pasamos a ver el resultado obtenido en la comparación de cada uno de los factores mencionados.

### *La profundidad del suelo*

La profundidad del suelo es uno de los elementos que más se tiene en cuenta a la hora de conocer la evolución y desarrollo del suelo. Un suelo profundo es un suelo con gran potencialidad para todo tipo de vegetación y alberga una mayor capacidad de retención de agua. Los suelos profundos son potencialmente más evolucionados y, potencialmente, más ricos en nutrientes.

El análisis del conjunto de suelos del Parque Natural, como era de esperar, no revela una especial profundidad de los suelos que lo constituyen. La evolución del suelo no es tan rápida y no permite un rápido desarrollo de su profundidad en tan solo 70 años desde las tareas de reforestación. De hecho, el promedio de la profundidad del conjunto de los suelos es inferior a las áreas circundantes: 60 cm. frente a 66 en el área pastoreada y 115 en el área cultivada (si bien en estos últimos los horizontes C sesgan la muestra por exceso).

Sin embargo, cuando se analizan exclusivamente los suelos de la zona alta del Parque, la profundidad se eleva considerablemente, hasta los 75 cm.. Esto señala una cierta conservación del suelo en las zonas altas, en coincidencia también con las áreas de mayor densidad de la vegetación, pero también una marcada escasa profundidad en las zonas más bajas del Parque Natural.

Por su parte, cuando se analizan exclusivamente los horizontes A, son, en todos los casos, superiores en profundidad a los de las áreas pastoreadas y cultivadas, aunque por escasos cm. Viene a coincidir, *grosso modo*, con los horizontes Ao, abundantes en hojarasca y materia orgánica sin apenas descomponer.

### *La pendiente de las laderas*

Los suelos tienen una mayor posibilidad de evolución cuando la acumulación es superior a la erosión. Las laderas escarpadas tienden a poseer elevados

*outputs* de material a causa de la pendiente, especialmente cuando la vegetación no es densa; de modo que la evolución del suelo se encuentra detenida o incluso invertida por el equilibrio entre alteración de la roca madre y pérdida de material en superficie por gravedad o arrastre. Cuando la pérdida es superior a la generación de suelo, éste se encuentra en franco proceso de degradación, hasta el punto de llegar a desaparecer de modo irreversible (al menos a escala humana).

Analizadas en conjunto las laderas sobre las que se localizan los perfiles del Parque Natural, la pendiente es menor que en el entorno. Pero se trata de una información sesgada, en cuanto que en las zonas bajas son abundantes los perfiles que han sido tomados en fondos, terrazas y rellanos, reduciendo así su pendiente. De hecho, cuando se analizan las laderas de las zonas altas, la pendiente es semejante a las zonas pastoreadas y agrícolas: entre el 34% y el 37% de pendiente promedio. Según estos valores, la vocación agrícola de estos suelos debería ser nula, siendo su mayor potencialidad ganadera o forestal. Y sin embargo, vemos el uso de muchos de ellos y conocemos el que tuvo en el pasado la zona ocupada actualmente por el Parque Natural.

#### *La posición fisiográfica y exposición*

La dispersión de los valores relativos a la posición fisiográfica y exposición hace difícil cualquier comparación, dado que la macroexposición de las parcelas con uso ganadero se encuentran todas en umbría, las de uso agrícola mayoritariamente en solana y sólo las del Parque poseen una diversidad importante de exposiciones.

#### *La textura*

Se habla de textura para hacer referencia al equilibrio granulométrico de la fracción fina del suelo (partículas de diámetro inferior a 2 mm.). Se dice que un suelo está equilibrado cuando posee una textura de tipo franco, es decir 20%, 55% y 25% de arena, limo y arcilla, respectivamente (valores promediados de rangos más amplios: 15-25%, 40-70% y 20-30%). *La textura franca favorece la formación de estructuras, así como los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo, con un buen desarrollo del perfil y el aumento de las concentraciones estables de iones nutritivos, de agua y de aire, facilitando un buen desarrollo de la vegetación* (COBERTERA, 1993).

La textura de los suelos de los Montes de Málaga aparece claramente diferenciada según la zona que se analice. Así, los suelos agrícolas destacan por sus texturas más groseras, en los horizontes A (franco arenosos), si bien poseen la denominación de suelos franco arcillosos cuando se analizan en su

conjunto. Por su parte, los suelos dedicados a ganadería se caracterizan por sus texturas franco-arcillosas preferentes en conjunto, aunque en superficie su alto contenido en arena da lugar a la denominación de textura franco-arcillo-arenosa. La diferencia más marcada la establecen los suelos del Parque Natural, caracterizado por una textura de tipo franco (más equilibrados, por tanto) en superficie y en conjunto, y con semejantes características cuando se analiza tan sólo la zona alta del Parque; se trata de suelos, en general, menos arcillosos que los circundantes, especialmente los horizontes A.

Sin embargo, como veremos más adelante, este aparente equilibrio de los suelos de los Montes de Málaga resulta perjudicado en comparación con los suelos circundantes al poseer unas estructuras más débiles ante el déficit de arcilla en superficie, con lo que son potencialmente más erosionables.

#### *El contenido en gravas*

El contenido en gravas o fracción gruesa del suelo facilita la aireación del suelo, al permitir la presencia de macroporos. Sin embargo, su exceso puede suponer un problema para la posibilidad de arraigo de las plantas, al encontrar numerosos obstáculos inútiles para su desarrollo. Con frecuencia, el exceso de grava es síntoma de fuertes procesos erosivos, dado que las fracciones finas pasan a ser minoritarias al haber sido lavadas de la superficie, normalmente por escorrentía, perdiéndose del suelo.

Los suelos agrícolas de los Montes de Málaga destacan por un alto contenido en gravas, tanto en superficie como en su conjunto, con porcentajes de fracción gruesa que superan claramente el 50% de las muestras. Le siguen en importancia los suelos del Parque Natural, siendo, finalmente los menos gravosos los suelos pastoreados del norte de los Montes. El alto porcentaje de gravas de los Montes puede ser indicativo de la intensa erosión que sufrieron estos suelos en el pasado.

#### *La Materia Orgánica*

El contenido en Materia Orgánica es un claro indicativo de la fertilidad del suelo, siempre que ésta pueda ser mineralizada a una velocidad adecuada. En general, los suelos ricos en materia orgánica poseen una alta potencialidad de evolución, pero ésta va a depender de la combinación con otros factores.

Como es de esperar, los suelos del Parque Natural de los Montes de Málaga poseen un alto contenido en Materia Orgánica (M.O.), porcentaje que se eleva en la valoración global, al tener en cuenta el fuerte peso que introducen las cargas orgánicas de los horizontes superficiales. Confirmando, además, la mayor presencia de vegetación en las zonas más elevadas del Parque, el conte-

nido en M.O. es aún más elevado, llegando a un 4'6% en superficie.

En los suelos ganaderos y forestales los contenidos totales son muy semejantes (1'6%), si bien algo superiores en los horizontes A agrícolas.

### *El pH*

El potencial hidrógeno del suelo informa de la proporción relativa de iones hidrógeno  $H^+$  y de iones hidróxidos  $OH^-$  de una solución. Existe una alta correlación entre los valores del pH y el porcentaje de saturación por bases del complejo absorbente (FERRERAS y FIDALGO, 1991), de modo que, en general cuanto más bajo es el pH más desaturado está el suelo, y viceversa. Como referencia, baste decir que los suelos saturados suelen tener mejor estructuración que los desaturados.

La presencia de filitas, de naturaleza ligeramente ácida, y calizas alabeadas, de naturaleza básica, hace que los suelos de los Montes de Málaga tengan una gran variedad de valores de pH, al menos potencialmente. No obstante, la presencia de una alta riqueza en bases junto con el lavado de carbonatos procedentes de áreas calcáreas, convierten a los suelos de los Montes de Málaga en suelos neutros o ligeramente básicos.

En la mayor parte de los suelos de cualquier unidad el valor del pH supera el 7 (valor neutro), siendo los suelos de pH más básico los ganaderos (promedio de  $pH = 7'7$ ), siendo los valores de los suelos agrícolas y forestales muy cercanos al valor neutro ( $7'1$  y  $7$ , respectivamente). Estas proporciones se mantienen en los horizontes A.

Sin embargo, al analizar los suelos de las zonas más elevadas del Parque Natural, los valores resultantes aproximan el pH hacia suelos ácidos, de modo que se obtiene un valor de  $6'9$ , que contrasta con los valores de los horizontes superficiales, tendentes a la basicidad ( $pH = 7'3$ ). En gran medida, la mayor presencia de precipitaciones, junto con el sustrato filitoso de buena parte de estos suelos, dan lugar a una cierta acidez, especialmente en los horizontes generados por alteración (C, Bw); mientras, en superficie, la erosión moviliza bases hacia posiciones inferiores topográficamente, pero en la superficie del suelo; de modo que el pH suele ser elevado, salvo cuando la materia orgánica con origen en acículas de pino o en hojarasca de eucaliptos se encuentra en proporciones abundantes (en tales casos el pH baja de 7 también en superficie).

### *La estructura*

La estructura del suelo es fundamental para su estabilidad y conservación frente a los agentes externos. Es el primer indicativo de que nos encontramos ante un suelo, propiamente dicho, y no ante un depósito de arena, limo y arcilla

mezcladas. La estructura depende en gran medida tanto de la textura como de la presencia de agentes floculantes, como pueden ser los cationes de cambio y la materia orgánica. Un déficit textural puede estar equilibrado por una estructura adecuada. Las estructuras pesadas, arcillosas, dificultan la aireación, lo que a su vez hace difícil el crecimiento radicular; no obstante, también incrementa la capacidad de retención de agua. Las estructuras ligeras, arenosas o de gránulos de pequeño tamaño, favorecen la aireación, pero, por el contrario favorecen una rápida permeabilidad; no obstante, los gránulos finos, al ofrecer numerosas superficies de contacto, compensan este hecho y poseen una mayor capacidad de retención que los suelos meramente arenosos y/o sin estructura.

El análisis de los suelos de los Montes de Málaga revela unas marcadas diferencias estructurales en el Parque Natural frente a los suelos periféricos, en clara concordancia con el análisis textural. Así, el mayor contenido en arcilla de los suelos pastoreados y agrícolas, dan lugar a estructuras más pesadas y de mayor tamaño, preferentemente subangulares; mientras que en el Parque Natural, existe un equilibrio proporcional entre suelos de estructura subangular y suelos de estructura granular o migajosa.

Cuando se analizan los horizontes superficiales, las estructuras más granulares aparecen en igual proporción que las estructuras subangulares en los suelos pastoreados, mientras que siguen siendo subangulares en los suelos agrícolas. En los forestales, predominan las estructuras granulares o migajosas, siendo especialmente predominantes en las zonas más elevadas del Parque. Analizado de este modo, los suelos con mayor capacidad de infiltración, tanto por su contenido en materia orgánica, como por su estructura, deberían ser los suelos forestales de la zona alta de los Montes de Málaga, donde, además las precipitaciones son más abundantes.

#### *Los cationes de cambio: Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>*

Cuando se habla de los cationes de cambio, la referencia habitual es el contenido en cationes básicos, normalmente de calcio, magnesio, sodio y potasio, mientras que existen los denominados cationes ácidos, preferentemente el hidrógeno y, en menor proporción el aluminio. El sumatorio de los cationes de Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> permite conocer el contenido total de bases en el suelo; su relación con el total de cationes intercambiables (capacidad de cambio catiónico) permite conocer el porcentaje de saturación de bases en el suelo (V), algo ya mencionado anteriormente cuando hablamos del pH. Se dice que un suelo está desaturado cuando el valor de V es inferior al 45%; un suelo está poco saturado a saturado, cuando V se encuentra entre 45 y 85%; un suelo está muy saturado en bases cuando el valor de V es superior al 85% (COBERTE-RA, *op cit.*).

Cada uno de estos cationes básicos poseen propiedades de especial atención a la hora de valorar las características del suelo.

Así, el calcio es, normalmente, el más abundante de los cationes del suelo, procediendo habitualmente de la roca madre, bien sea en forma de carbonato cálcico o bien en forma de calcio libre, presente incluso en suelos silíceos. Los suelos pueden llegar a estar saturados en calcio, dificultando la asimilabilidad de los demás cationes básicos, de modo que una relación adecuada entre  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$ , o entre  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{K}^+$  debe oscilar entre 8 y 20. La nutrición cálcica está asegurada en niveles entre 200 y 500 ppm. de  $\text{Ca}^{++}$  (entre 1 y 2'5 miliequivalentes por cien gramos) (COBERTERA, *ibidem*).

El calcio en los Montes de Málaga, con valores en absolutamente todos los perfiles superiores a 2 meq./100 gr., con valores máximos que alcanzan los 21'35 meq./100 gr.. De este modo, puede considerarse que, con frecuencia, los suelos están saturados de calcio, dificultando la asimilación de otros cationes, especialmente los de  $\text{K}^+$ , puesto que la relación  $\text{Ca}^{++}/\text{K}^+$  es superior normalmente a 20; las relaciones más reducidas se dan en los suelos pastoreados, únicos suelos por debajo de 20 en la relación  $\text{Ca}^{++}/\text{K}^+$ . La relación entre  $\text{Ca}^{++}$  y el sumatorio de los cationes de cambio (S) es superior al 70% en todos los casos, pero alcanza los más altos valores en el Parque Natural (superior al 75%). (Figura 3).

El magnesio también suele tener una presencia considerable en los suelos, sobre todo sobre peridotitas y dolomías, aunque no es éste nuestro caso. El magnesio se elimina del perfil edáfico a mayor velocidad que el calcio, lo que explica su menor proporción habitual incluso en suelos dolomíticos; esto sucede en mayor medida cuanto más húmedo sea el clima. En los suelos arenosos a francos, los requisitos magnésicos se encuentran entre 100 y 180 ppm. (entre 0'8 y 1'6 meq/100 gr.), mientras que en los arcillosos se sitúan entre 200 y 400 ppm. (1'65 a 3'3 meq./100 gr.) (COBERTERA, *ibidem*).

Ante estas características, los suelos de los Montes de Málaga presentan ciertos desequilibrios de magnesio, normalmente por exceso. De hecho, si tenemos en cuenta las características de suelos francos del Parque Natural, el exceso en magnesio es considerable en cualquiera de las zonas que se analicen y tanto en superficie como en profundidad. Por su parte, los suelos agrícolas poseen un exceso de magnesio en conjunto, aunque en superficie están equilibrados. Finalmente, sólo los suelos ganaderos presentan un equilibrio en la proporción de magnesio. En la relación  $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$  los valores suelen ser bajos; sólo los horizontes superficiales del Parque Natural superan el valor 8, lo que implica que, dentro de la saturación en calcio y magnesio que presentan, existe un equilibrio entre ambos cationes, en detrimento de un marcado déficit de cationes de sodio y potasio. El resto de los suelos de los Montes de Málaga presentan desequilibrio catiónico en todos los sentidos.

Hemos hablado de la relación deficitaria de potasio en los suelos de los Montes de Málaga en relación con los cationes de calcio y magnesio. Es normal que se produzca este déficit cuando hay saturación en  $\text{Ca}^{++}$  y/o  $\text{Mg}^{++}$ , puesto que estos cationes saturan los enlaces con las arcillas, impiden la adsorción del  $\text{K}^+$  y éste acaba perdiéndose por lavado (COBERTERA, *ibidem*). Por esta razón, los suelos de los Montes de Málaga son deficitarios en potasio de cambio, si bien, los horizontes A llegan a alcanzar porcentajes que pueden ser considerados como normales (100-150 ppm. = 0'26-0'38 meq/100 gr.), salvo en los suelos pastoreados, que siguen presentando valores deficitarios también en superficie.

En cuanto al sodio es un catión de referencia para conocer la salinización/alcalinización de los suelos. Como es de esperar, la escasez de cloruro sódico en los Montes de Málaga da lugar a la determinación de suelos normales en  $\text{Na}^+$ , esto es, con un contenido inferior a 1 meq/100 gr. de suelo. Los valores más bajos se dan sobre los suelos agrícolas, pero, insistimos, siempre bajo valores normales. En líneas generales, se sigue en todos los suelos de los Montes de Málaga la cadencia clásica de contenido catiónico de zonas semiáridas y áridas:  $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$  (PORTA, 1994).

#### *El sumatorio de cationes de cambio (S), la C.I.C. y el coeficiente de saturación*

El sumatorio de cationes de cambio carece de sentido si no es puesto en relación con la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) para dar lugar al coeficiente de saturación (V). Esta capacidad va a depender en gran medida de la naturaleza de las arcillas y de la naturaleza de la materia orgánica existente en el suelo. Un bajo valor de S, frente a una alta C.I.C. puede mostrar un suelo desaturado; sin embargo, si la capacidad es baja como en el caso de los suelos arenosos, puede existir saturación a pesar de poseer un bajo contenido en bases. Esto indica que, en general, el sumatorio de cationes es poco representativo y, por eso, se presta mayor atención a la C.I.C.

La capacidad de intercambio catiónico es cercana en todos los casos analizados; pero es posible considerar los suelos con más baja C.I.C. a los pastoreados, tanto en conjunto como en superficie. Los valores son semejantes en los suelos forestales y agrícolas de los Montes de Málaga, si bien, cuando se analizan los situados en las zonas altas del Parque Natural, la C.I.C. se aproxima a la que presentan las áreas pastoreadas.

Sin embargo, al analizar los valores correspondientes al coeficiente de saturación, en conjunto los valores son muy próximos en todos los suelos, siendo considerados como suelos saturados ( $V > 93\%$  en el conjunto de los Montes de Málaga). Pero los horizontes A agrícolas, así como los suelos de la



zona alta del Parque Natural presentan valores inferiores al 88% (85'4 y 82'2%, respectivamente), lo que los señala como suelos poco saturados a saturados. En el primer caso puede tratarse de un cierto empobrecimiento por exceso de laboreo; en el segundo caso, redunda en el bajo pH que presentan estos suelos, lo que nos señala una posible pérdida de bases por lavado: se trata de suelos arcillosos en profundidad, aunque francos en conjunto, con una alta C.I.C., pero con una cierta pobreza en bases (sin llegar a la desaturación, obviamente) y, dentro de éstas, un excesivo protagonismo del Ca<sup>++</sup>.

#### *La conductividad eléctrica*

Habida cuenta del bajo valor del catión sodio, la conductividad eléctrica no debe señalar altos valores, al tratarse de suelos normales o no salinos. De este modo, los resultados que se obtienen sólo tienen valor descriptivo, pero dentro de una misma cualificación. Baste decir que los suelos con mayor conductividad en los Montes de Málaga son los de uso ganadero, pero dentro de la normalidad.

#### *El contenido en fósforo*

El fósforo asimilable es importante para la fertilidad edáfica, especialmente porque junto con el potasio, el nitrógeno y el calcio, es el elemento más extraído por los vegetales (COBERTERA, *op. cit.*). En general se presenta en forma de fosfatos, siendo especialmente soluble y asimilable con pH neutro.

Los suelos de los Montes de Málaga son, en conjunto, deficitarios en fósforo, con valores inferiores a 2 ppm (equivalente a 18 Kg./Ha.). Sólo los suelos agrícolas presentan unos valores próximos o dentro de la normalidad, mientras que los valores más bajos se obtienen claramente en las muestras forestales de cualquier zona, siendo catalogados como valores muy deficientes (< 1 ppm., o lo que es lo mismo, inferiores a 9 Kg./Ha.).

#### *El Potasio Asimilable*

El potasio asimilable es aquella parte del potasio que, a pesar de estar retenido en la fracción mineral arcillosa de modo que no es intercambiable, puede llegar a ser asimilado por las plantas, gracias a su pase progresivo a forma soluble (COBERTERA, *ibidem*). Es, por así decirlo, el reservorio de potasio existente en el suelo.

Como sucedía con el potasio de cambio, el potasio asimilable es también deficitario en los Montes de Málaga, presentando mayores concentraciones en los horizontes A que en el conjunto del suelo. Pero aquí destaca una marcada

diferencia respecto al potasio de cambio, y es que, el contenido en los suelos del Parque Natural, supera ampliamente al que se presenta en los suelos de alrededor. En este caso, debemos atribuir estas diferencias al procedimiento de análisis, dado que son múltiples los métodos y muy diferentes los resultados e interpretaciones que se obtienen a partir de ellos. Si nuestra interpretación es correcta, son los suelos del Parque Natural los que tendrían valores más bajos, considerables como muy deficientes, en tanto que sólo los horizontes A de esta zona tendrían unos valores algo más elevados, pero aún considerables como deficientes. Los suelos ajenos al Parque Natural tendrían un contenido normal-bajo en el caso de los suelos agrícolas, y normal-alto en el caso de los suelos dedicados a uso ganadero.

### *El Nitrógeno*

En la materia orgánica se concentra la reserva de nitrógeno, de modo que el origen del nitrógeno que posee el suelo es en más de un 90% orgánico; de modo que la alimentación nitrogenada de las plantas depende, en gran medida, del contenido orgánico del suelo (COBERTERA, *ibidem*); es, dicho de otro modo, un mecanismo cíclico. Los suelos en los que es importante la actividad humana, especialmente ganadera, suelen tener proporciones de nitrógeno mayores que los suelos naturales. No obstante, también existe nitrógeno de origen mineral y atmosférico. El proceso de mineralización del nitrógeno en el que intervienen las fases de amonificación y nitrificación es fundamental para su absorción por las plantas y en él los hongos y bacterias juegan un papel importante. Es un proceso paralelo a la humificación (FERRERAS y FIDALGO, *op. cit.*), si bien en este proceso intervienen un mayor número de organismos y los hongos protagonizan gran parte del mismo. En este sentido, aunque el clima y la vegetación van a intervenir en dichos procesos, en climas tropicales la mineralización va a ser más importante que la humificación, dada la riqueza bacteriana, mientras que en medios fríos predomina la humificación. En medios como el nuestro, humificación y mineralización son procesos que se desarrollan, teóricamente, con igual importancia.

Se consideran valores bajos de Nitrógeno aquellos inferiores al 0'1%, mientras que son elevados los que superen un 0'2%.

Como era de esperar, los valores de nitrógeno más elevado se encuentran en los suelos pastoreados, si bien en concentraciones normales. La presencia de nitrógeno es superior en los horizontes A que en el resto del suelo. Los suelos agrícolas de los Montes de Málaga tienen bajas proporciones de nitrógeno, como los forestales, si bien estos últimos se acercan a la categoría de contenido muy bajo. Esto nos hace pensar en la posibilidad de que, a pesar de la localización subtropical de Málaga, en los suelos forestales y agrícolas de

los Montes predominen los procesos de humificación sobre los de nitrificación, o bien que exista un bloqueo a este último proceso, como veremos a continuación.

### *La relación C/N*

A la hora de hacer uso de la valoración del nitrógeno, suele darse más importancia a la relación C/N (carbono/nitrógeno), dado que de su equilibrio depende en gran medida el proceso de mineralización. Se considera que un suelo es fértil cuando la relación C/N es aproximadamente de 10, es decir, diez veces más carbono orgánico que nitrógeno. Así, cuando la relación C/N es muy alta (p. ej.: valores en torno a 50), los microorganismos disponen de abundante carbono, pero de poco nitrógeno, con lo que son pocos los que pueden progresar y, con ello, el proceso de mineralización es lento (FERRERAS y FIDALGO, *ibidem*); se trata de valores habituales en bosques de frondosas caducifolias (C/N = 40-50) y de coníferas (C/N = 60-70) (PORTA, *op. cit.*). No obstante, algunas especies vegetales poseen requisitos específicos de alta relación C/N. En bajas relaciones C/N puede producirse una excesiva mineralización que conlleve a medio plazo un empobrecimiento en humus, hasta el punto de que, cuando esta relación es inferior a 5, la mineralización se considera irreversible al quedar destruida la microflora y microfauna por sobrenitrificación (COBERTERA, *op. cit.*). En vertederos y eriales urbanos puede llegar a darse este proceso.

Al analizar los suelos de los Montes de Málaga se obtienen los resultados esperados. Así, los suelos agrícolas tienen un considerable equilibrio en la relación C/N, aunque con un ligero empobrecimiento en carbono. En muchos casos, el abonado es responsable de valores de bajas relaciones C/N. Con ello, el valor promedio de 8'6 en los suelos agrícolas es normal, ascendiendo a 10'5 en los horizontes A. Por su parte, los suelos ganaderos analizados, en los que sólo localmente la explotación puede considerarse como excesiva (BLANCO, *op. cit.*) presentan un marcado equilibrio de la relación C/N dando valores próximos a 11 tanto en conjunto como en superficie. Son los suelos forestales los que presentan valores más altos en la relación C/N, con un promedio de 27 en el conjunto del Parque Natural y de 20 en los horizontes superficiales; pero los valores son mucho más elevados en las zonas altas (Figura 4), superando índices de 30, pero sin llegar a valores de 50, o de 100, típicos de suelos bajo vegetación acidificante por acículas de pinos (según DORRONSORO, 1998); la actividad microbiana que soportan estos suelos es considerada como positiva, pero debe tenerse en cuenta que la mineralización del nitrógeno se detiene a partir de valores de C/N superiores a 25 (DUCHAUFOR, 1987). En este caso el aporte de materia orgánica es tan elevado que desequilibra la tasa, dan-

do lugar a que la mineralización sea lenta. Esto implica importantes cantidades de M.O sin descomponer en los suelos superficiales de las zonas altas del Parque Natural, esto es, un alto porcentaje de humus bruto. Siguiendo a COBERTERA (*op. cit.*), esta materia orgánica puede llegar a formar enlaces estables con los cationes de Ca<sup>++</sup>, generando humatos cálcicos que no son intercambiables y que, a la larga conducen a la desaturación del complejo de cambio; quizá esta pueda ser una de las causas que explican las menores tasas de saturación del suelo de las zonas altas de los Montes de Málaga.

### *El tipo de humus*

A la vista de las valoraciones anteriores, el humus de los Montes de Málaga puede considerarse, en su conjunto como humus *mull eutrófico o cálcico*, al presentar un pH preferentemente neutro, una tasa de saturación superior al 80% y una relación C/N que oscila en torno a 10-12. La alta relación C/N de la zona forestal acerca la valoración de su humus a un tipo intermedio entre mull eutrófico y el mull-moder cálcico (DUCHAUFOR, 1978), pero con un contenido arcilloso algo mayor; no llega a la desaturación ni bajo pH que caracteriza al humus mull forestal. Además, se trata de un humus de tipo joven en la mayor parte de los casos, dado que la acumulación en los horizontes superficiales no llega a un siglo.

La capacidad de retención hídrica: capacidad de campo y punto de marchitamiento permantente.

Puede definirse a la capacidad de campo (CC) como el total de agua capilar que el suelo es capaz de retener; se expresa en gramos de agua por 100 gr. de suelo y posee valores muy diferentes en función de la textura y estructura del suelo, siendo normalmente superior cuanto más fina sea la textura. Por su parte, se define al punto de marchitamiento permanente (PMP) como el nivel mínimo de contenido hídrico del suelo a partir del cual los vegetales no poseen potencia suficiente para succionar el agua y se marchitan rápidamente (COBERTERA, *op. cit.*); éste depende especialmente de la textura del suelo, tanto mayor cuanto más fina sea la textura, aunque debe tenerse en cuenta que también existen especies vegetales capaces de soportar diferentes valores. La diferencia entre CC y PMP constituye la reserva de agua útil para las plantas.

Con valores típicos de los suelos francos, la capacidad de campo de los suelos de los Montes de Málaga oscila entre 20 y 25 gr.H<sub>2</sub>O/100 gr. tierra, estando los más bajos valores en los horizontes A, menos arcillosos, pero siempre en torno a 20. Mientras los suelos agrícolas y ganaderos poseen valores muy semejantes, los suelos forestales, debido a su mayor contenido en Materia Orgánica, presentan valores más próximos a 25, si bien presentan un valor ligeramente inferior en los suelos de la zona más elevada, a pesar de ser los más orgánicos.

Por su parte el punto de marchitamiento permanente es especialmente bajo en los suelos agrícolas, mientras que se alcanzan los valores más elevados en los suelos ganaderos.

Ante estos resultados, el agua útil del suelo presenta sus más bajos valores en las zonas ganaderas, mientras son las agrícolas las que mayor capacidad presentan (Figura 5).

#### *Factor K de la USLE*

Con el factor K de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE) enunciado por WISCHMEIER y SMITH (1958) puede evaluarse la susceptibilidad de erosión del suelo a partir de sus propiedades intrínsecas, independientemente de la inclinación y longitud de la ladera donde se instala, la cubierta vegetal que posea y las medidas de protección contra la erosión que el ser humano haya realizado. Para ello se consideran la textura, la estructura, la permeabilidad y el contenido en materia orgánica, conjugándose en una ecuación:

$$K = (0'000271M^{1.14} * (12-a) + 4,2(b-2) + 3,23(c-3)) / 100$$

Donde M = %Limo + %Arena muy fina \* (100 - %arcilla);

a = %Materia Orgánica

b = estructura muy fina a muy gruesa (de 1 a 4);

c = permeabilidad (1 a 6: rápida a lenta).

De este modo, se obtienen valores que oscilan normalmente entre 0 y 1, aunque pueden superar esta cifra; el resultado debe conjugarse con la pendiente y la longitud del declive (factores L y S de la USLE), para dar lugar a un valor final en Tm/Ha./año. El análisis del factor K debe centrarse en los horizontes A, dado que son, fundamentalmente, los que van a sufrir en mayor medida el ataque de los agentes erosivos.

Los resultados obtenidos en los Montes de Málaga revelan el peso que tiene la estructura del suelo para la valoración del factor K. De hecho, se supone que las texturas más gruesas van a ser más susceptibles de erosionar que las texturas finas y, por ello, los suelos agrícolas que hemos seleccionado de los Montes de Málaga, caracterizados por texturas finas, acaban siendo los menos erosionables del conjunto. También es importante para una baja erosionabilidad la existencia de un bajo contenido en arena muy fina y un alto porcentaje de arcilla dentro de su textura, y ésta una de característica común también en los suelos agrícolas de los Montes de Málaga.

Le siguen en importancia los suelos forestales, que alcanzan menores valores fundamentalmente gracias al contenido en materia orgánica, dado que, sin ello, llegarían a ser los más erosionables de los Montes. Dentro de ellos, los

suelos de las zonas altas tienen valores de K ligeramente inferiores, en correlación con el contenido en M.O..

Finalmente, los suelos ganaderos alcanzan los valores más elevados, si bien sin llegar a cifras que puedan ser consideradas como excesivas. De hecho, entre los suelos que hemos excluido para este trabajo, se encuentran dos perfiles realizados también dentro del Parque Natural, y por tanto bajo masa forestal, pero ubicados sobre materiales pliocuaternarios, y en ellos se superan con creces (casi duplican) las tasas alcanzadas en las zonas pastoreadas, a pesar de poseer una estructura media-fina.

## 5. CONCLUSIONES

La reforestación de un suelo profundamente degradado obtiene ciertos resultados pasadas varias décadas. El primero e inmediato es, obviamente, el incremento de la infiltración por la mera interposición a las aguas de escorrentía, cada vez en mayor medida conforme crece la masa vegetal. Pero la transformación edáfica es mucho más lenta, dado que es un proceso larguísimo, de miles de años. Del análisis promediado comparado con suelos periféricos de cualidades potencialmente semejantes se obtienen algunas evidencias, por una parte, de lo que se ha modificado; por otra, del factor común en estos suelos; y, finalmente, en tercer lugar, de cuáles son los factores que registran una cierta transformación.

Si analizamos la tabla 2, los resultados que se obtienen son muy sencillos y de explicación rápida. La característica fundamental que se observa tras la reforestación es el incremento de materia orgánica (Figura 1). Pero en suelos saturados en calcio como los aquí presentes, se produce un bloqueo de la mineralización de la materia orgánica, de modo que la relación C/N es muy alta (Figura 4). Ello da lugar a una importante carga de materia orgánica sin descomponer (horizontes A<sub>00</sub>), con un espesor de pocos centímetros actualmente, que podría repercutir en una mejora macroecológica, pero dado que no va pareja a la microecológica, pues la falta de nitrógeno afecta de modo negativo a estos elementos imprescindibles del suelo, por la misma razón, los elementos macroecológicos también se ven en gran medida perjudicados.

Otro elemento a tener en cuenta es la mayor cantidad de agua útil para las plantas, derivada de una alta capacidad de campo y un bajo punto de marchitamiento permanente (Figura 5). Si tenemos en cuenta los altos porcentajes de materia orgánica de los suelos forestales y recordamos la alta capacidad de retención hídrica que tiene este elemento, se deduce cuál es la causa inmediata de esta característica.

Sin embargo, estos elementos positivos que diferencian al Parque Natural respecto a sus áreas periféricas no deben dar a entender que sean los mejores

suelos . En realidad, si tenemos en cuenta las estructuras algo más gruesas que caracterizan a estos suelos y la enorme fragilidad de la masa forestal que los protege, son altamente vulnerables ante un incendio forestal, de modo que sus características edáficas podrían volver rápidamente a las condiciones de partida.

De hecho, como hemos mencionado, existen factores comunes que identifican a todos los suelos de los Montes de Málaga, independientemente de su dedicación actual: alto contenido en gravas, que revela una pérdida importante de finos; distribución porcentual de los cationes de cambio típica de medios semiáridos, con un fuerte peso del calcio (Figura 2); estructuras edáficas con frecuencia de reducido tamaño, lo que aumenta la capacidad de retención; alto contenido en bases que da lugar a coeficientes de saturación próximos a cien, excepto en los suelos ubicados en las zonas más elevadas, con tasas de saturación menores; humus predominante de tipo mull, con variedades, típico de medios cálidos; y, finalmente, suelos más erosionables por sus fuertes pendientes y usos inadecuados, que por sus propias características edáficas (salvo excepciones).

**TABLA 2**  
**Factores de Análisis de Suelos en los Montes de Málaga.**

Factor	Parque Nat. de los Montes de Málaga				Zona Pastoreada		Zona Agrícola	
	Conjunto	Horiz. A	Zona Alta	Hor. A Zona Alta	Conjunto	Horiz. A.	Conjunto	Horiz. A.
% Pend.	22,9		34,77		36,9		<b>37,5</b>	
Profundid.	59,5	22,6	74,6	23,7	66,4	18,6	<b>114,5</b>	20,5
Textura	Franca	Franca	Franca	Franca	Fr.-arc.	Fr.-arc.	Fr.-arc.	Fr.-arc-ar.
Gravas	42,7	46,4	45,0	48,1	39,8	41,1	<b>63,3</b>	54,1
M.O.	3,67	4,32	3,96	<b>4,58</b>	1,59	2,88	1,60	3,20
Estructura	Subang. Media	Gran.- media	Sub. Media	Gran.- media	Subang. Fina	Subang. Fina	Subang. Fina	Subang. Fina
pH	7,03	7,18	6,92	7,32	<b>7,70</b>	7,50	7,14	7,15
Ca <sup>++</sup>	13,80	13,92	11,89	<b>13,97</b>	9,34	8,89	13,60	12,18
Mg <sup>++</sup>	3,40	2,69	3,37	2,40	2,80	2,81	<b>5,31</b>	3,06
Na <sup>+</sup>	0,61	0,57	0,53	0,51	0,62	<b>0,62</b>	0,26	0,17
K <sup>+</sup>	0,25	0,30	<b>0,51</b>	0,29	0,18	0,24	0,18	0,27
C.I.C.	18,75	17,30	16,75	16,61	13,46	13,25	<b>19,11</b>	18,19
V	93,78	95,50	82,22	92,67	<b>95,84</b>	94,54	94,15	85,38
C.E.	0,66	0,75	0,56	0,76	1,22	<b>1,36</b>	0,19	0,93
K <sub>2</sub> O	119,6	<b>160,4</b>	87,5	134,8	14,23	16,22	8,04	11,28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,64	1,19	0,70	1,85	5,36	6,00	8,85	<b>11,05</b>
N	0,058	0,054	0,069	0,082	0,106	0,161	0,098	<b>0,172</b>
C/N	26,93	19,95	30,4	<b>32,08</b>	11,13	10,78	8,59	10,50

**TABLA 2**  
**Factores de Análisis de Suelos en los Montes de Málaga.**

Factor	Parque Nat. de los Montes de Málaga				Zona Pastoreada		Zona Agrícola	
	Conjunto	Horiz. A	Zona Alta	Hor. A Zona Alta	Conjunto	Horiz. A.	Conjunto	Horiz. A.
Humus	Mull-Moder	Mull-Moder	Mull-Moder	Mull-Moder	Mull Eutrófico	Mull Eutrófico	Mull Eutrófico	Mull Eutrófico
CC	<b>25,76</b>	22,42	24,52	22,50	22,18	21,89	23,21	20,38
PmP	15,61	14,00	14,50	13,81	16,71	<b>16,83</b>	9,85	9,97
Agua útil	<b>10,14</b>	8,42	10,03	8,69	5,47	5,06	13,36	10,41
Factor K		0,286		0,268		<b>0,315</b>		0,215

Nota: En negrita aparecen los valores máximos, en cursiva los mínimos.

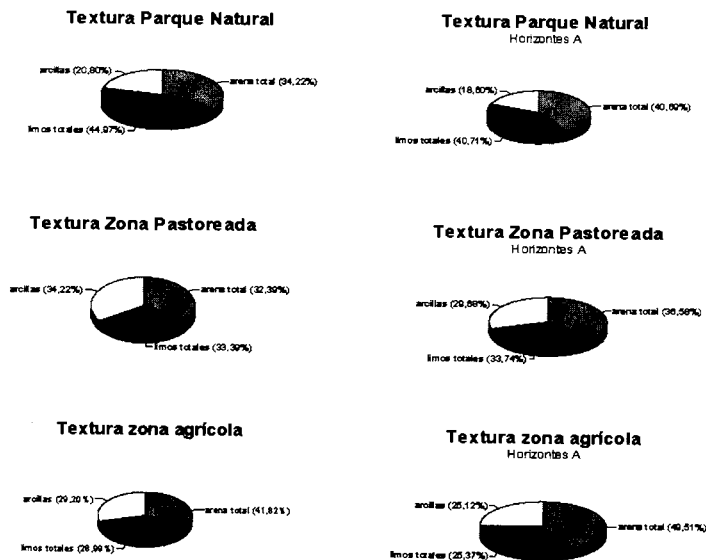
## BIBLIOGRAFÍA

- BLANCO SEPÚLVEDA, R. (2000): *Propuesta metodológica para la Aplicación del Análisis de las Propiedades Físicas Edáficas a la evaluación del Suelo para Usos Ganaderos*. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. SPICUM. Edición CD-Rom.
- CASERMEIRO, E., et alii. (1994): *Guía Ambiental del Parque Natural de los Montes de Málaga*. Ed. Junta Rectora del Parque Natural de los Montes de Málaga-Unicaja.
- COBERTERA LAGUNA, E. (1993): *Edafología Aplicada. Suelos, Producción Agraria, Planificación Territorial e Impactos Ambientales*. Ed. Cátedra
- DORRONSORO, C. (1998): *Introducción a la Edafología*. [Http://edafologia.ugr.es/](http://edafologia.ugr.es/) **IntroEda**. Universidad de Granada.
- DUCHAUFOR, P. (1978): *Manual de Edafología*. Toray-Masson. Barcelona.
- DUCHAUFOR, P. (1987): *Manual de Edafología*. Masson. S.A. París.
- FAO-UNESCO (1989): *Mapa Mundial de suelos. Leyenda Revisada*. FAO-UNESCO-ISRIC. Roma.
- FAO-UNESCO (1998): *Base de Referencia Mundial para el Recurso Suelo*. FAO-UNESCO-ISRIC. Roma.
- FERRE BUENO, E. y SENCIALES GONZÁLEZ, J.M<sup>a</sup> (1996): Suelos y Morfología en el Parque Natural de los Montes de Málaga. *Rev. Cadernos*, 21. Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Coruña.
- FERRERAS CHASCO, C. y FIDALGO HIJANO, C. (1991): *Biogeografía y Edafogeografía*. Ed. Síntesis. Col. Espacios y Sociedades, 6.
- GÓMEZ MORENO, M<sup>a</sup> L. (1989): *La montaña malagueña: estudio ambiental y evolución de su paisaje*. Monografía 1. Servicio de Publicaciones de la Diputación Provincial de Málaga.
- ICONA (1995): *Mapa de Suelos. Hoja 1.039-Colmenar*. Proyecto LUCDEME. Inédito.

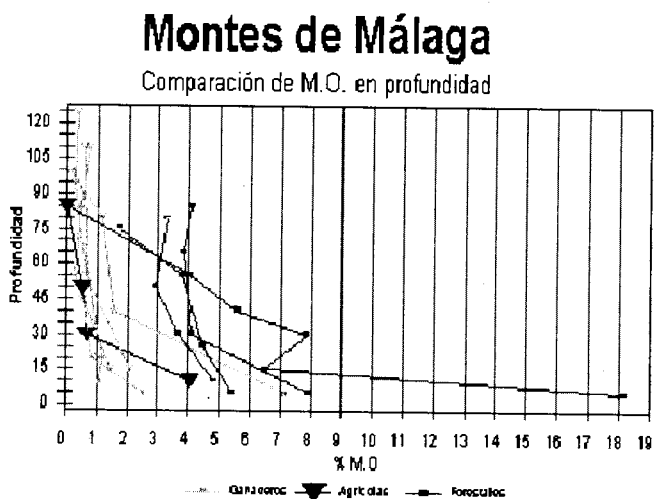


- ICONA (1995): *Mapa de Suelos. Hoja 1.053-1.067*. Málaga-Torremolinos. Proyecto LUCDEME. Inédito.
- PORTA CASANELLAS, J., LÓPEZ-ACEVEDO, M. y ROQUERO DE LABURU, C. (1994): *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ed. Mundi Prensa. Madrid.
- SENCIALES GONZÁLEZ, J. M<sup>a</sup> (1990): *Formas y procesos de erosión en la cuenca del río Almáchar. Aproximación a varios modelos de cuantificación*. Memoria de Licenciatura. Universidad de Málaga. Inédito.
- SENCIALES GONZÁLEZ, J. M<sup>a</sup> (1995): *La cuenca del río Vélez. Estudio Hidrográfico*. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Málaga. Edición Microfichas.
- SENCIALES GONZÁLEZ, J.M<sup>a</sup> y FERRE BUENO, E. (1996): Regeneración edáfica y control erosivo en un espacio reforestado: el Parque Natural de los Montes de Málaga. *Rev. Cadernos*, 21. Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Coruña.
- SOLANO SOBRADO, M<sup>a</sup> T. (1991): *La crisis del Viñedo: la filoxera en España*. Tesis Doctoral. Serv. de Reprografía. Univ. Complutense.
- SORIANO, M.D., CALVO, A., BOIX, C. y PONS, V. (1996): Variaciones en las propiedades de los suelos y su agregación en un transecto altitudinal de la Provincia de Alicante. *Cuaternario y Geomorfología*, vol. 10, 1-2.
- WISCHMEIER, W. H. y SMITH, D.D. (1958): *Rainfall energy and its relationship to soil erosion*, Seel House Press, Liverpool.

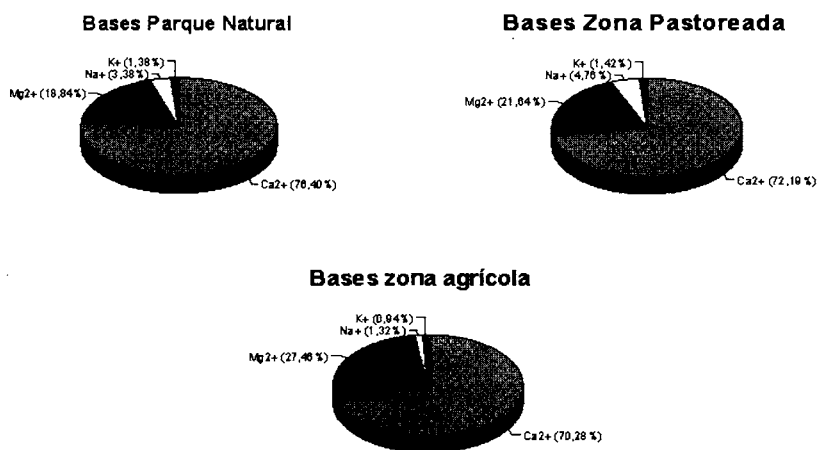
**FIGURA 1**  
**PORCENTAJES TEXTURALES DE LOS SUELOS DE LOS MONTES DE MÁLAGA**



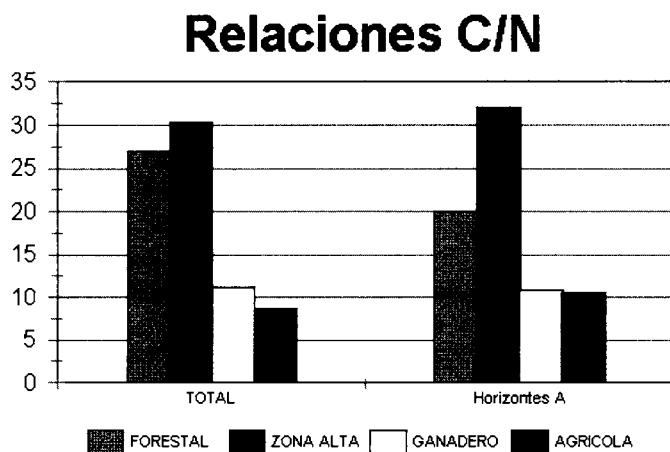
**FIGURA 2**  
**COMPARACION DEL CONTENIDO EN M.O. EN DIVERSOS PERFILES DE LOS MONTES DE MÁLAGA**



**FIGURA 3**  
**PORCENTAJES DE BASES DE LOS SUELOS DE LOS MONTES DE MÁLAGA**



**FIGURA 4**  
**RELACIONES CARBONO/NITRÓGENO EN LOS MONTES DE MÁLAGA**



**FIGURA 5**  
**AGUA ÚTIL PARA LAS PLANTAS EN LOS MONTES DE MÁLAGA**

# Agua útil para las plantas

