

## LA CLASIFICACION DE LOS "SUELOS ROJOS" DEL MACIZO DE SIERRA NEVADA (GRANADA, ESPAÑA).

J.M. Martín García\*, C. Mondini\*\*, J. Párraga Martínez\*,  
G. Delgado Calvo-Flores\*, R. Delgado Calvo-Flores\*

\* Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Granada (España).

\*\* Dipartimento di produzione Vegetale e Tecnologie Agrarie, Università degli Studi, Udine (Italia).

### INTRODUCCION. CONSIDERACIONES SOBRE LA CLASIFICACION DE LOS SUELOS ROJOS.

En las áreas mediterráneas están bien representados los suelos de textura fina y colores rojos para los que es clásico el término "suelo rojo mediterráneo" (Kubiens, 1952; Boulaire, 1966; Duchaufour, 1968). Guerra et al. (1972) prefieren la denominación de "suelo rojo" sin calificativo, al que definen en términos de color como suelos de matiz tan o más rojo que 2.5 YR. Sin embargo el término "Mediterráneo" debe mantenerse ya que otros autores (Ching Kwei, 1986; Swaran, 1988; Stocking, 1988) clasifican como suelos rojos a Lateritas y a otros suelos tropicales e intertropicales.

Los Suelos Rojos Mediterráneos son heterogéneos en cuanto a génesis y propiedades, si bien de acuerdo con todos los autores citados presentan rasgos comunes que permiten una caracterización aproximada: Colores Munsell de matiz 5YR o más rojo y relación value/croma de 4/5 ó más pigmentados, que se deben al proceso de rubefacción y no a la litocromía; tipo de perfil A/E, Bt/Bw, C/Ck/Ckm; textura de Bt/Bw arcillosa o clases afines, generada por iluviación o alteración plasmogénica con bisialitización y en menor medida monosialitización (Pédro, 1984); saturación en bases y pH variables pero en la mayoría de ellos superior a 35% y 7 respectivamente.

El objeto del presente estudio es la clasificación de los suelos rojos de Sierra Nevada, algunos de ellos desarrollados en el límite altitudinal de esta tipología. Los esquemas de clasificación empleados son: FAO-UNESCO (1989), Référentiel Pédologique Français (1990) y Soil Taxonomy (USDA, 1975,1990).

Las clasificaciones FAO-UNESCO (op. cit.) y Soil Taxonomy (ops. cit.) ponen énfasis en los caracteres objetivos de los suelos definidos por vía morfológica y analítica, con independencia de los procesos de formación, aunque indirectamente estén relacionados. En este sentido, ambas utilizan un concepto parecido de horizonte de diagnóstico, B árgico y B argílico respectivamente, sin considerar la génesis de forma estricta. El color como criterio clasificatorio en suelos enrojecidos, es empleado por estos sistemas en términos cuantitativos con los valores numéricos de matiz, pureza e intensidad Munsell.

Por otro lado, en el Référentiel Pédologique Français (op. cit.) los criterios de clasificación se basan en los procesos de formación del suelo y en la ecología: caracteres

y procesos son usados simultáneamente, apareciendo un factor subjetivo que permite una interpretación y una justificación de la elección de los criterios. Por tanto, es inevitable la aparición de suelos intergrados entre los grupos que participan de un mismo proceso evolutivo, eliminando así una rigidez clasificatoria que da paso a un esquema de secuencias evolutivas. En este sentido clasifican los suelos rojos en función de la existencia de procesos de alteración bisialítica que comporta una alta liberación de hierro. Consecuencia de estos procesos será la diferenciación morfológica y analítica que encontramos en los suelos rojos. Para la escuela francesa, los suelos considerados en su totalidad, constituyen un conjunto difuso en el cual los suelos de referencia son la máxima posibilidad de definición de una tipología concreta.

Los taxones correspondientes a suelos rojos mediterráneos, que aparecen en los primeros niveles clasificatorios de estas clasificaciones son:

#### FAO-UNESCO:

Luvisoles, Alisoles y Nitisoles, definidos todos ellos en función de la existencia de un horizonte B árgico, también se clasifican algunos suelos rojos como Cambisoles, Calcisoles, Gypsisoles, Kastanozemms y Phaeozems.

#### Référentiel Pédologique Français:

Los suelos rojos mediterráneos se encuadran principalmente en el gran conjunto de referencias de los Fersialsoles o suelos con horizontes de referencia FS, rico en hierro y colores de matiz 5 YR y pureza de 3.5 o más rojos, y FSj ricos en hierro goetítico y por tanto de colores ocre amarillentos. Muchos suelos rojos son intergrados a otras referencias por razón de formar parte de cronosecuencias con Brunisoles, Andosoles y Ultisoles; o ser transiciones climáticas a Luvisoles en clima templado, a Ultisoles en clima tropical y a Chernosoles o Calcarisoles en clima árido; o formar parte de toposecuencias con Ultisoles aguas arriba o Vertisoles y Calcarisoles aguas abajo. Otros intergrados importantes se establecen con Planosoles, Castanosoles y Coluviosoles.

#### Soil Taxonomy:

Alfisolos: Xeralfs: Grandes grupos Pale-, Rhodo- y Haplo- de Xeralfs, Udalfs y Ustalfs. Aridisoles: Argids, Haplargids y Paleargids. Inceptisoles: Xerochrepts. Mollisoles: Los grandes grupos Pale-, Calci-, Argi-, y Hapli- de Xerolls, Ustolls y Udolls. Ultisoles: Grandes grupos Pale-, Rhodo- y Haplo- de Udults, Ustults y Xerults. También pueden considerarse como Suelos Rojos Mediterráneos algunos Andisoles y Vertisoles.

## MATERIAL Y METODOS

Los suelos estudiados han sido muestreados en la Loma de Los Cuartos ubicada en la vertiente Norte del macizo de Sierra Nevada (tabla 1). Se desarrollan sobre derrubios de micasquistos grafitosos y cuarcitas, en laderas con pendientes comprendidas entre el 10 y el 60%. Las cotas oscilan entre los 1410 y 2000 metros de altura. Temperaturas medias anuales entre los 6 y 10°C y precipitaciones anuales de 740 a 875 mm. El régimen de humedad es xérico y el de temperatura méxico. La vegetación presente en la zona consiste en un robleal degradado y tomillar serial en los perfiles de menor cota y tomillar de

degradación de piornos y enebros en el perfil de mayor altitud (todos ellos pertenecientes al piso supramediterráneo).

Se han estudiado las propiedades analíticas importantes para la clasificación. Como tales podemos citar el contenido en arcilla, capacidad de intercambio de cationes (CEC), grado de saturación en bases (V), contenido en hierro, carbono orgánico y pH. Las técnicas empleadas han sido las que describe Párraga et al. (1986).

Tabla 1.- CARACTERES GENERALES DE LOS PERFILES

Perfil	1	2	3
Coordenadas UTM	4645-41116	4645-41117	4678-41111
Posición fisiográfica	Ladera ligeramente cóncava	Ladera	Pie de ladera
Material de partida	derrubio ladera de micasquistos	derrubio ladera de micasquistos	micasquistos grafitosos
Vegetación	degradación de robledar	antiguo cultivo, tomillar	tomillar
Drenaje	clase 3	clase 3-4	clase 4
Altitud (m)	1420	1410	1995
Erosión	hídrica laminar moderada	hídrica laminar moderada	hídrica laminar y eólica moderadas

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Características y propiedades.

Las principales características morfológicas y analíticas se recogen en la tabla 2. El espesor del "solum" es muy variable, desde 38 cm en P-3 a más de 109 cm en P-1. Los colores de la matriz en el horizonte Bt, a excepción de P-3 se encuentran por debajo de 5YR, con una relación value/croma de 4/3 a 4/5. A nivel macromorfológico y micromorfológico se describen en todos ellos cútanos de iluviación de arcilla. El contenido de arcilla es relativamente bajo con respecto a otros suelos con horizonte argílico y oscila desde 17.8 % en P-1 a 27.7 % en P-3. Los porcentajes de arcilla crecen de Ap a Bt iluviación/alteración/erosión, pero en ningún caso se presenta un "salto textural abrupto". El pH es cercano a la neutralidad o moderadamente ácido, disminuye ligeramente con la profundidad, fruto de los ciclos biogeoquímicos y la renovación de materiales en superficie. La capacidad de cambio es baja, de acuerdo con la naturaleza ilitica y caolinítica de la fracción arcilla (Delgado, 1980) y el contenido y tipo de materia orgánica (Párraga et al., 1983). La saturación en bases cercana al 50 %, indica una desaturación moderada del complejo de cambio, mostrando los horizontes B la mayor desbasificación de todo el perfil.

Tabla 2.- ALGUNOS CARACTERES MORFOLOGICOS Y ANALITICOS DE LOS HORIZONTES DEL SUELO.

Horiz.	Prof cm	color hum.	Estr	Cúta- nes*	Arcilla (%)	pH	Fe (%)	CEC cmol+/Kg	V (%)	C.O.	
1	Ah	0-15	10YR 3/2	m2abk		15.2	7.0	1.6	16.6	65.7	2.46
	AB	15-33	10YR 4/2.5	c2abk	x	10.7	6.4	1.6	8.7	56.3	0.56
	Bt1	33-88	10YR 4/3	c2abk	xx	17.8	5.9	2.2	7.3	56.2	0.23
	Bt2	33-88	10YR 4/3.5	c2abk		14.4	6.0	2.1	7.5	56.0	0.34
	BCt	88-109	10YR 4/3	c2abk	xx	17.1	5.9	2.3	6.5	56.9	0.33
	Btb	> 109	7.5YR 4.5/4	c2abk	xxx	15.0	6.2	2.3	6.1	60.7	0.24
2	Ap	0-5/10	7.5YR 4.5/4	vc2pl		10.3	6.9	1.7	4.5	55.3	0.39
	AB	5/10-12/17	7.5YR 4/4	m2abk	x	17.0	6.5	2.4	7.3	57.5	0.37
	Bt	12/17-30/50	7.5YR 4/4	m2pr	xx	23.4	5.7	2.8	8.5	51.8	0.26
	C1	> 30/50	2.5YR 4/6		xx	18.9	5.6	2.7	8.3	49.4	0.24
	C2	> 30/50	2.5YR 3.5/6		xx	34.0	5.5	4.0	11.6	65.5	0.24
3	Ah	0-8	7.5YR 3/3	f2abk		11.1	6.3	2.1	8.3	57.8	1.63
	ABt	8-21	7.5YR 4/5	cabk	xx	13.2	5.9	2.2	6.8	48.5	0.82
	Bt1	21-38	5YR 4/5	m2abk	xxx	15.3	6.0	2.2	6.4	48.4	0.45
	Bt2+C	> 38	2.5YR 3/6	m2abk	xx	27.7	5.9	2.3	8.3	48.2	0.40

\* Cútanos iluviación: x escasos  
 xx moderados  
 xxx abundantes

### Clasificación.

Las tres clasificaciones empleadas (tabla 3) muestran discordancias significativas en lo que respecta a la identificación diagnóstica de los horizontes y propiedades clasificatorias relevantes de estos suelos (color, contenido de hierro libre y presencia de horizonte Bt argílico).

El color y el contenido de hierro libre unidos a cantidades importantes de arcilla, se consideran en el Référentiel Pédologique como criterios clasificatorios importantes, que llegan a primer nivel en el gran conjunto de referencias de los Fersialsoles cuando el color es más rojo que 5YR para un contenido de hierro libre superior al 3 %, originado por la fuerte liberación que corresponde a la alteración bisialítica. En la FAO-UNESCO y la Soil Taxonomy el color se considera en niveles más bajos y el contenido de hierro libre no se tiene en cuenta.

Un caracter común a los suelos clasificados, es la presencia de horizontes de acumulación iluvial de arcilla (Bt argílicos) que se contemplan de forma diferente en los tres esquemas clasificatorios. La textura, el espesor, el contenido de arcilla, la presencia de cútanos y las relaciones texturales con el horizonte E eluvial, son los criterios diagnósticos empleados para la caracterización de este horizonte, si bien con peso muy

Según la Soil Taxonomy la clasificación de los tres perfiles de suelo no plantea ninguna incertidumbre, al presentar todos ellos como característica de diagnóstico más significativa un horizonte argílico que permite incluirlos en el orden Alfisols. En un segundo nivel observamos que el régimen de humedad es xérico, por lo que pertenecen al suborden Xeralfs, dentro del cual se encuadran en el Gran Grupo Haploxeralfs. Los tres suelos se incluyen en el Subgrupo Ultic Haploxeralfs debido a que el porcentaje de saturación en bases es menor del 75% en algún subhorizonte de los primeros 75 cm. Por encontrarse el perfil 3 sobre roca en contacto lítico se le ha añadido el prefijo "lithic". Los perfiles 1 y 3 se consideran también del subgrupo "mollic" por cumplir los requerimientos de color y contenido de materia orgánica.

En la clave FAO-UNESCO, todos ellos presentan un horizonte B árgico y cumplen requisitos de CEC y grado de saturación que los encuadran en el grupo principal de los Luvisoles. En un segundo nivel y a pesar de que ninguno de ellos presenta horizonte E álbico al no cumplir exigencias de color, aparecen diferencias entre ellos: El perfil 1 tiene un B árgico que no es de color pardo fuerte a rojo, por lo que se considera Luvisol háptico; los otros dos sí cumplen esta exigencia, clasificándose como Luvisoles crómicos. En el tercer nivel taxonómico todos convergen en la fase esquelética, si bien los perfiles 1 y 3 presentan además una fase rúdica.

Por el Référentiel Pédologique Français, aparecen diferencias en el primer nivel: todos los perfiles cumplen los requisitos necesarios para el BT textural, excepto el perfil 3 que, además, presenta colores más rojos que 5YR, diagnósticos para el horizonte FSj y que lo caracterizaría como Fersialsol Xanthique. Por otro lado, los perfiles 1 y 2 presentan un horizonte eluvial E caracterizado por colores más claros y empobrecimiento en hierro y arcilla que, junto con el BT es característico del Gran Conjunto de referencia de los Luvisols. En un segundo nivel, los perfiles 1 y 2 manifiestan una transición progresiva entre el E y el BT y un índice de diferenciación textural (IDT) mayor a 1.3 y menor a 1.8, lo que los encuadra dentro de los Neoluvisoles. En un tercer nivel, estos dos suelos, se denominan eutriqué, por tener un grado de saturación mayor del 50%. Además estos dos perfiles podrían considerarse intergrados entre Neoluvisoles y Fersialsoles en razón a compartir características de ambos. Para el suelo 3 Fersialsol Xanthique (intergrado entre Luvisols y Fersialsoles) los calificativos en este tercer nivel se deben a sus características analíticas y morfológicas: desaturé por presentar un bajo grado de saturación; luvique al tener acumulación de arcilla en el horizonte FSj; y ruptique al encontrarse el horizonte Bt2 en bolsones a escala métrica dentro de los micasquistos grafitosos alterados.

Tabla 3.- CLASIFICACION DE LOS PERFILES

	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL 3
FAO-UNESCO (1989)	Luvisol rudi-esqueletiháplico	Luvisol esqueleticrómico	Luvisol rudi-esqueleticrómico
REFERENTIEL PEDOLOGIQUE FRANÇAIS (1990)	Neoluvisol eutriqué-Fersialsol Xanthique	Neoluvisol eutriqué-Fersialsol Xanthique	Fersialsol Xanthique desaturé, luvique, ruptique
SOIL TAXONOMY (1975, 1990)	Ultic Mollic Haploxeralf	Ultic Haploxeralf	Lithic Ultic Mollic Haploxeralf

## CONCLUSIONES

- En las clasificaciones FAO-UNESCO y Soil Taxonomy la presencia de horizonte argílico es un criterio diagnóstico definitivo para la clasificación de estos suelos, que son Luvisoles o Alfisoles respectivamente. El *Référentiel Pédologique* considera el color y el contenido de hierro y por ello es más adecuado para la clasificación de los Suelos Rojos Mediterráneos.

- Los suelos rojos clasificados no se consideran modales dentro del concepto de Suelo Rojo Mediterráneo, ya que su bajo grado de rubefacción, puesto de manifiesto por los colores pardos, pardo amarillentos o rojo amarillentos, los incluye como integrados con otras tipologías afines. La causa de ello podría ser entre otras, la marginalidad de muchos de ellos en los ambientes edafogenéticos característicos de esta tipología.

Este trabajo forma parte de un proyecto financiado por la DGICYT de título "La formación de Suelos Rojos en el macizo de Sierra Nevada".

## BIBLIOGRAFIA

- Baize, D. et Girard, M.C. (1990). *Référentiel Pédologique Français*. AFES-INRA. 203 pp.
- Boulaine, J. (1966). Sur les facteurs climatiques de la genèse des Soils Rouges. Com. de la Conf. de Suelos Mediterráneos. Soc. Esp. de Cien. del Suelo. Madrid: 281-284.
- Ching-Kwei, L. Ed. (1986). *Proceedings of the international symposium on red soils*. Institute of Soil Science, Academia Sinica. Science Press, Beijing. 785 p.
- Delgado, R. (1980). *Edafología y geoquímica de las alteraciones superficiales en la cuenca alta del río Dílar (Sierra Nevada)*. Tesis Doctoral. Univ. de Granada. 668 p.
- Duchauffour, Ph. (1968). *L'évolution des sols*. Masson, Paris. 91 pp.
- FAO-UNESCO (1989). *Mapa Mundial de suelos, leyenda revisada. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos, 60*. FAO-Roma. 202 pp.
- Guerra, A. (1972). *Los Suelos Rojos en España. Contribución a su estudio y clasificación*. Pub. del Dep. de Suelos del Inst. de Edaf. y Biol. Veg. CSIC. Madrid. 270 pp.
- Kubiena, W.L. (1952). *Claves sistemáticas de suelos*. CSIC. Madrid. 388 pp.
- Párraga, J.; Delgado, R.; y Aguilar, J. (1983). La influencia conjunta del relieve y la vegetación sobre los suelos forestales de la Dehesa del Camarate (Sierra Nevada). *An. Edaf. y Agrob.* XLII, 11-12, 1885-1903.
- Párraga, J.; Barceló, G.; Ruiz, C.; Guardiola, J.L.; y Delgado, R. (1986). Estudio edáfico del Karst "El Torcal de Antequera" (Málaga). II Propiedades y clasificación de los suelos. *An. Edaf. y Agrob.* XLV, 9-10, 1239-1256.
- Pédro, G. (1984). La genèse des argilles pédologiques: ses implications minéralogiques, physico-chimiques et hydriques. *Sci. Geol. Bull.*, 37,4, 333-347.
- Stocking, M. (1988). Tropical red soils: Fertility management and degradation. 24-55. En "The red soils of East and Southern Africa". Proc. Int. Symp. Harare. Zimbabwe.
- Swaran, H. (1988). Taxonomy and management related properties of the "red soils" of Africa. 1-23. En "The red soils of East and Southern Africa". Proc. Int. Symp. Harare. Zimbabwe.
- USDA (1975). *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Agr. Handbook, 436. 754 pp.
- USDA (1990). *Keys to Soil Taxonomy*. SMSS, Technical Monograph N° 19. Fourth Edition. 422 pp.