

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS



TESIS DOCTORAL

**Propiedades físico químicas de los suelos rojos españoles, su
génesis y clasificación**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Manuel Mariño Aguiar

DIRECTOR:

Angel Hoyos de Castro

Madrid, 2015



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE



532670355X

TI
502 1
MAR

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

FACULTAD DE CIENCIAS

SECCION DE QUIMICAS

PROPIEDADES FISICO QUIMICAS DE LOS SUELOS ROJOS

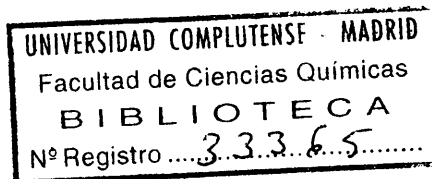
ESPAÑOLES, SU GENESIS Y CLASIFICACION

TESIS

Para optar al grado de Doctor en Ciencias Químicas

por

MANUEL MARIÑO AGUIAR



623040105
138154481

Madrid, Octubre de 1972

Departamento de Suelos, Instituto de Edafología y Biología
Vegetal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

I N D I C E

	<u>Pág.</u>
1.- <u>INTRODUCCION</u>	1
2.- <u>MATERIAL Y METODOS</u>	29
2.1.- ANALISIS MECANICO	30
2.2.- CARBONATOS ALCALINOTERREOS	31
2.3.- GRADO DE ACIDEZ (pH)	31
2.4.- MATERIA ORGANICA	32
2.5.- NITROGENO TOTAL	32
2.6.- CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IONICO Y CATIONES CAMBIABLES	33
2.7.- HIERRO LIBRE	34
2.8.- HIERRO TOTAL	35
2.9.- ANALISIS QUIMICO TOTAL	36
2.9.1.- <u>Sílice</u>	37
2.9.2.- <u>Aluminio</u>	38
2.9.3.- <u>Hierro total</u>	38
2.9.4.- <u>Titanio</u>	39
2.9.5.- <u>Manganeso</u>	39
2.9.6.- <u>Fósforo</u>	39
2.9.7.- <u>Calcio</u>	40

	<u>Pág.</u>
2.9.8.- <u>Magnesio</u>	40
2.9.9.- <u>Sodio y Potasio</u>	40
2.9.10.- <u>Agua</u>	40
2.9.11.- <u>Hierro ferroso</u>	41
2.10.- CARACTERIZACION MINERALOGICA DE LAS ARCI LLAS POR DIFRACCION DE RAYOS X	41
2.11.- ANALISIS MINERALOGICO DE LA FRACCION ARENA	44
2.12.- MICROSCOPIA ELECTRONICA	45
2.13.- MICROMORFOLOGIA	46
3.- <u>PERFILES</u>	49
4.- <u>DISCUSION</u>	174
4.1.- FACTORES FORMADORES Y MORFOLOGIA DE LOS SUELOS ROJOS	174
4.1.1.- <u>Material originario</u>	175
4.1.2.- <u>Fisiografía</u>	182
4.1.3.- <u>Clima y edad</u>	185
4.1.4.- <u>Vegetación</u>	195
4.1.5.- <u>Secuencia y naturaleza de hori- zontes</u>	196
4.2.- PROPIEDADES QUIMICAS Y FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS ROJOS	203
4.2.1.- <u>Naturaleza del complejo absor- bente</u>	203
4.2.2.- <u>Caracteres mineralógicos</u>	205

	<u>Pág.</u>
4.2.2 a.- Mineralogía de la fracción arcilla	205
4.2.2 b.- Mineralogía de la fracción arena	208
4.2.3.- <u>Caracteres micromorfológicos</u>	214
4.2.4.- <u>Oxidos de hierro libre y hierro total</u>	216
4.3.- GENESIS DE LOS SUELOS ROJOS	218
4.3.1.- <u>Material originario</u>	220
4.3.2.- <u>Clima</u>	220
4.3.3.- <u>Dinámica del perfil</u>	221
4.3.4.- <u>Edad de los suelos rojos</u>	230
4.3.5.- <u>Evolución de los suelos rojos</u> ...	232
4.4.- CLASIFICACION DE LOS SUELOS ROJOS ESPAÑOLES	236
5.- <u>CONCLUSIONES</u>	242
6.- <u>BIBLIOGRAFIA</u>	248
<u>FOTOGRAFIAS DE PERFILES</u>	
<u>FOTOGRAFIAS DE CORTES DELGADOS</u>	
<u>FOTOGRAFIAS CON MICROSCOPIO ELECTRONICO</u>	

1.- INTRODUCCION

1.- INTRODUCCION

Una de las propiedades que destaca inmediatamente de los suelos es su color. El color de los suelos comunica al paisaje en las regiones mediterráneas una policromía característica en relación con una serie de propiedades que están en dependencia con sus factores genéticos e incluso con sus posibilidades agrícolas. El color de los suelos depende del contenido en materia orgánica y de su composición mineralógica, resultado ésta última de una serie de procesos edáficos que varían en gran amplitud, tanto cualitativa como cuantitativamente, de unos a otros. La materia orgánica comunica al suelo tonalidades oscuras, su ausencia o su escaso contenido lo aclara, estando entonces condicionado el color a la presencia de óxidos e hidróxidos metálicos, principalmente de hierro y manganeso, más o menos hidratados. En regiones donde escasea la materia orgánica, bien por efecto del clima, condiciones áridas y semiáridas, o por la acción humana, suelos de cultivo, desforestación, pastoreo abusivo y erosión antrópica, los suelos están intensamente coloreados adquiriendo tonalidades en función de la composición mineralógica y propiedades físicas de las rocas y de los procesos edáficos que dan origen a los mismos. El color es

por tanto una de las características de los suelos que más llama la atención, por su importancia y por las deducciones que se pueden obtener de la naturaleza del mismo. Por ello en las primeras clasificaciones de suelos aparecieron enseguida nombres con las denominaciones de colores; así se conocieron las tierras negras, los suelos pardos, suelos rojos, suelos amarillos, pardo-grisáceos, pardo-amarillentos, etc, denominaciones que no pretendían clasificar los suelos simplemente por sus colores, sino que se daba el color como elemento representativo de un proceso edáfico claramente definido en cada uno de ellos y que comunicaba al suelo una serie de propiedades físico-químicas de gran importancia en su morfología, génesis y aprovechamiento agrícola.

Entre los colores propios de los suelos, tal vez sea el rojo uno de los más característicos y que más llama la atención; es típico en nuestras regiones mediterráneas y su estudio interesó desde un principio tanto a los edafólogos españoles, Alvira (1944), como a los extranjeros que nos visitaron, Klinge (1957). Por ello una de las denominaciones que más rápidamente se extendieron fué la de los suelos rojos mediterráneos, que pronto pasó a ser el suelo más representativo de la región mediterránea, aunque no el más abundante. A los suelos rojos mediterráneos se les atribuyó des

de un principio una serie de propiedades físicas, morfológicas y mineralógicas generales a todos ellos. El color, estaba en relación con el contenido en óxidos de hierro y éstos se presentaban en formas más o menos hidratadas, pero siempre pobres en agua; como estos óxidos son inestables en condiciones de baja aireación, los suelos rojos se les suponía siempre bien drenados y aireados. Como la liberación de los óxidos metálicos presupone una cierta desintegración y evolución de los minerales primarios de las rocas, los suelos rojos eran siempre suelos maduros, muy evolucionados y ocupando superficies topográficas relativamente antiguas. Se les asignó también un grado de evolución intermedio entre los suelos de las regiones templado-húmedas y los suelos de las regiones tropicales, por ello todavía se incluyen, por casi todos los autores, como suelos representativos de las regiones subtropicales.

El término suelo rojo se ha aplicado algunas veces a suelos cuyo color rojo ha sido heredado del material originario, generalmente margas, pizarras y areniscas rojas, por lo que, el carácter rojo en estos suelos no es edáfico sino geológico; son suelos litocromos que no pueden ser considerados en este trabajo porque no tienen la consideración de formación adáfica. Los suelos rojos están muy representa

dos en España, Guerra y Col. (1968); grandes extensiones existen en el valle del Guadalquivir, Extremadura, ambas Castillas y en las regiones orientales. Pequeñas zonas se presentan también en casi todas las provincias españolas, incluso Canarias, por lo que su estudio llevado a cabo a nivel nacional es de urgente necesidad para profundizar y tratar de resolver una serie de problemas que la ciencia del suelo tiene planteados en la actualidad. Esto permitirá llegar a una sistematización de los mismos con vistas a contribuir al desarrollo de otras ciencias como son la Geología del Cuaternario, la Geografía y la Agronomía.

Los problemas que en la actualidad plantean los suelos rojos son muy diversos. Probablemente, sea uno de los suelos más debatidos fundamentalmente en los aspectos genético, morfológico y de clasificación. Otros aspectos, como el agronómico no se incluyen en la discusión de este trabajo, aunque pueden deducirse con facilidad. La diversidad de estos problemas, juntamente con el aspecto parcial con que han sido tratados por muchos autores, ha creado un verdadero confucionismo acerca de los conceptos fundamentales referentes a estos suelos. Lo que en otros tipos de suelos está claro, aquí todo son teorías sin demostrar. Muchos de los postulados, en cuanto a su génesis y condiciones de for

mación, que se formularon sin una verdadera investigación y con muy pocas observaciones, persisten todavía porque no hay nuevas contribuciones al esclarecimiento de muchos de los problemas planteados. Por otra parte, algunos de los tipos de suelos rojos que se presentan en España no existen o por los menos están muy poco citados en la extensa bibliografía de autores extranjeros. La terminología empleada para citar las formaciones edáficas de color rojo es tan variada como confusa y no obedece a conceptos o procesos genéticos claros ni siquiera a una morfología claramente definida. Terra rossa, rotlehm, suelo rojo mediterráneo, rotlehm calizo, limo rojo, suelo pardo rojizo, vega roja, rotherde, suelos ferralíticos, ... etc., son denominaciones muchas de ellas no del todo claras y precisas; todas hacen referencia al color pero no queda muchas veces clara la diferencia entre los procesos formadores de estos suelos, su dependencia con los factores litológicos y climáticos y las relaciones genéticas entre ellos.

La preocupación acerca de la génesis de los suelos rojos y su clasificación es casi tan antigua como la edafología y en principio se concretó a un solo caso muy particular, el de la terra rossa. Como el desarrollo de la ciencia del suelo se inició con mucho retraso en los países mediterráneos,

no ha sido hasta los últimos 20 años cuando, tanto en España como en el Norte de Africa y en otros países de la zona empiezan a realizarse estudios sobre estos suelos, resultado de los cuales es una copiosa bibliografía en la que quedan muchos conceptos por aclarar y una clasificación por hacer. P. Bottner y P. Lossaint (1967) realizan un trabajo bibliográfico acerca del estado del conocimiento sobre estos suelos, del cual se deduce que aunque la bibliografía es muy extensa, el confusionismo sobre la génesis, clasificación, y otros problemas tan importantes como la evolución y datación de los suelos rojos, es grande en muchos aspectos.

Los problemas que se plantean en el estudio de los suelos rojos del área mediterránea se pueden clasificar en los siguientes apartados:

- a) Génesis y factores de formación
- b) Morfología
- c) Clasificación
- d) Evolución

Otras cuestiones, como el empleo de una terminología adecuada, relaciones con otros tipos de suelos, datación de los suelos rojos, su relación con la fisiografía, distri

bución de los mismos, ... etc. han planteado también problemas sobre los que no hay, ni mucho menos, acuerdo general ni se han alcanzado conclusiones lo suficientemente probadas como para no tener que insistir en la investigación de estos suelos.

Al estudiar la bibliografía de éstos suelos se observa que salvo escasas excepciones, los trabajos de Reifenberg (1947) y de Huguet del Villar (1930), entre otros, casi toda la investigación y sin duda la más importante, se ha hecho a partir de 1950, fecha en que como hemos dicho, el desarrollo de la ciencia del suelo alcanzó cierta importancia en los países mediterráneos.

En un principio y debido a una falta casi absoluta de prospecciones de suelos en el area mediterránea, los trabajos se referían casi con exclusividad al problema de la terra rossa ya que era el suelo rojo que mejor se conocía y aún después de haber información de la existencia de suelos rojos formados sobre otros materiales geológicos distintos la roca caliza dura, propia de la terra rossa invitaba a su investigación y en ésta dirección se concretan los trabajos de Osmond y Stephen (1957) en Chipre, Alvira (1942), Klinge (1957) y Marcelin (1942) en España. Sin embargo el problema

fundamental, el de la génesis de la terra rossa, quedaba resuelto sólo en teoría y las dudas y recelos con que este tipo de suelo fué estudiado, subsisten todavía. Incluso en la actualidad y gracias a los trabajos de Herbillón, la teoría de Reifenberg sobre el papel de la sílice como coloide protector de los óxidos de hierro se ha visto que era muy exagerada.

Con los trabajos de cartografía de suelos que tomaron impulso en el área mediterránea a partir de 1950, el concepto de suelos rojos se extendió a gran número de formaciones que no eran terra rossa y este último suelo ha pasado a ser un subtipo de menor importancia dentro del gran conjunto de los suelos rojos mediterráneos. Los trabajos de Kubiena (1952) y más tarde los de Guerra y Monturiol (1968), Paneque y Mudarra (1966) en España, mostraron que la morfología de los suelos rojos era sumamente variada en cuanto que dependía de una gran diversidad de materiales originarios, posición topográfica y edad de formación. En este último aspecto merece citarse también los trabajos de la escuela francesa en el Norte de Africa que han realizado una gran labor en el intento de relacionar el proceso generador de estos suelos, la rubefacción, con las distintas épocas favorables a su for

mación en el transcurso del Cuaternario. Bottner y Lossaint (1967) han hecho un exhaustivo estudio bibliográfico acerca de la problemática de los suelos rojos y aunque no mencionan la mayoría de los trabajos españoles que estudian estos suelos y que por su naturaleza se han publicado en trabajos monográficos (Estudios agrobiológicos y Mapas de Suelos), sin difusión internacional, puede considerarse como una demostración del interés que estos suelos tienen para los edafólogos del area mediterránea. Los estudios sobre génesis de estos suelos se limitan por lo general a estudiar la alteración de un caso particular de material originario; Lamouroux (1966) estudia el de la roca caliza dura en el Líbano llegando a la conclusión de que el residuo insoluble no tiene relación con el color, luego el fenómeno de la rubefacción es edáfico. Investiga el mismo autor la alteración y desagregación "pelicular" de las rocas calizas, fenómeno que actualmente sucede en aquel país y demuestra el carácter autóctono de estos suelos bajo ciertas condiciones climáticas. Gas (1966) sostiene también el carácter autóctono de la terra rossa porque encuentra una correlación entre el % Caolinita y % Montmorillonita + % Illita en la arcilla y en el residuo insoluble de la roca; en ambas este índice tiene el valor de 0,93 y afirma que en el proceso natural de alteración de la caliza, sólo

hay pequeñas transformaciones de la montmorillonita y de la illita en caolinita. El proceso consiste entonces en la disolución de la caliza, acumulación del residuo y pequeña transformación de minerales de la arcilla en caolín con la consiguiente liberación de Fe_2O_3 y SiO_2 , existiendo cierta correlación entre el contenido en Fe_2O_3 y la caolinita de neoformación.

Sin embargo a pesar de todas estas investigaciones existe todavía un nutrido grupo de edafólogos que afirman que la terra rossa es un sedimento alóctono y aunque no niegan la dependencia entre el carbonato cálcico de la roca y el fenómeno de la rubefacción les parece incomprensible el que para poderse formar 20 cms. de suelo rojo sea preciso disolver de 1,5 a 5 metros de roca. Un tercer grupo de edafológos, Duchaufour (1968) entre ellos, ocupan una posición intermedia soslayando un poco el problema y asignando a los suelos con estructura de lehm sobre roca caliza, terra rossa y terra fusca, el concepto de arcillas de descalcificación.

La principal dirección de trabajo en cuanto al estudio de los procesos fisico-químicos y mineralógicos que tienen lugar en la formación de la terra rossa se realiza mediante la investigación de los minerales de la arcilla;

Osmond (1957) señala la presencia en Chipre de la terra rossa sobre calizas e investiga la presencia de mica, montmorillonita, caolinita, goethita y feldespatos; también en el caso de la terra rossa la composición mineralógica del suelo corresponde al residuo insoluble de la caliza. Yaalon (1966) estudia la composición mineralógica del residuo de calizas eocenas en Israel, señalando la presencia de montmorillonita y palygorskita pero en la terra rossa predominaba la caolinita sobre la illita y ésta sobre la montmorillonita. En zonas de buen drenaje, la montmorillonita llega a desaparecer a expensas de la formación de caolinita. El mismo autor encuentra en rocas dolomíticas una abundancia de sepiolita y palygorskita mientras que en el suelo existe caolinita y en menor proporción montmorillonita. Todo esto demuestra que tanto la sepiolita como la palygorskita desaparecen o se alteran en el proceso de descalcificación, lavado y alteración del residuo. Si el suelo no se descalcifica por completo, la composición mineralógica del residuo permanece sin alterar en el suelo y mejor si las condiciones climáticas son semiáridas. Si hay descalcificación, la montmorillonita pasa en parte a caolinita. La presencia de iones de Mg^{++} juega un importante papel en el equilibrio caolinita - montmorillonita. También la alteración de los minerales de la arcilla

lla es mayor en los horizontes A que en los B, esto se deduce de la forma y tamaño de los picos en el diagrama de rayos X. Gal (1966) encuentra también vermiculita, atapulgita y haloisita en el suelo, pero en este caso los descubre también en el residuo insoluble de las rocas. Yaalon (1966) indica también que el proceso alterador y de formación del suelo rojo es débil puesto que la montmorillonita del residuo persiste en muchos casos en el suelo. El proceso consiste pues en la disolución de los carbonatos, acumulación del residuo y pequeña transformación de la montmorillonita e illita en caolinita con liberación de óxidos de hierro y sílice. En todo caso existe acuerdo general ya desde los estudios de Norrisch (1956) y Gitzliz (1959) de que la alteración de los minerales procedentes del material originario es muy débil siendo la illita y caolinita los minerales que mejor se conservan. De ello se deduce que la composición mineralógica de los suelos rojos depende en gran proporción del material originario. Por otra parte otro grupo de investigadores señala la presencia de minerales de neoformación dependiendo éstos de las condiciones de clima y drenaje y de la presencia de ciertos iones metálicos como calcio, magnesio, potasio y sodio.

Sobre las condiciones climáticas bajo las que se for

man o han formado los suelos rojos, hay acuerdo general de que son los que representan mejor al clima mediterráneo, siendo ésto un concepto demasiado confuso por la amplitud de condiciones de pluviosidad y temperatura que se pueden encontrar en todas las regiones mediterráneas donde se presentan estos suelos. La amplitud en la pluviosidad es enorme; suelos rojos existen en regiones desde los 300 mm. hasta más de los 1.500 mm., lo que sin duda ha sido uno de los principales motivos por los que se consideran como suelos relictos a la mayoría de los suelos rojos mediterráneos. Según Boulaine (1966) la pedogénesis actual para la formación de estos suelos es de una pluviosidad y temperatura en la que el mínimo de aquella coincide con el máximo de ésta, provoca según opinión general, el proceso principal formador de estos suelos. La presencia de los mismos en regiones donde estas condiciones climáticas no se dan en la actualidad, ha obligado a la mayoría de los autores, a considerar estos suelos como paleosuelos policíclicos. Efectivamente, si las superficies topográficas más modernas en las que se presentan corresponden al Soltaniense, los cambios climáticos posteriores han debido de imprimir un caracter morfológico en el suelo, originando un perfil policíclico. Esta evolución posterior del suelo rojo dependerá de la direc-

ción del cambio climático. Si el clima evoluciona hacia una mayor aridez, en casos extremos, Menschin (1956) los ha descrito en regiones de 200 mm. de pluviosidad, el proceso evolutivo posterior es el de la calcificación, terrificación y estepización, Klinge (1957). Si el cambio es hacia una mayor humedad la evolución se manifiesta de diversas formas según la vegetación, conservando sólo en los horizontes inferiores el carácter de suelos rojo; a este respecto merecen citarse los trabajos de Duchaufour (1970), Klinge (1957), Nejgebauer (1958), Kubiena (1962) y Gracanin (1956), en los que admiten la brunificación, acidificación y podsolización de los suelos rojos. Otra evolución de los suelos rojos, dependiente de las condiciones locales, es el desarrollo de caracteres vérticos en el perfil y el hidromorfismo. Queda entonces planteado el problema del carácter policíclico de los suelos rojos mediterráneos como un postulado generalmente admitido, aunque también está por investigar con detalle el efecto que sobre la morfología y micromorfología ha tenido el cambio de las condiciones climáticas en estos suelos desde la época de su formación y desarrollo.

Otro de los problemas importantes se refiere a la datación de los suelos rojos ya que, como se ha visto, la opinión más generalizada es que se trata de paleosuelos, En

apoyo de esta teoría está el hecho de que los suelos rojos se presentan con frecuencia en regiones en las que el clima y la vegetación actual no pueden ser responsables de la formación de estos suelos. Son pocas las regiones mediterráneas con unas condiciones edáficas favorables al desarrollo del suelo rojo, lo cual resulta un tanto extraño como se verá en la discusión de este trabajo. Dada la limitación en el empleo de la técnica del C_{14} en la datación de suelos, el mejor medio de datación ha sido relacionar la presencia de los suelos rojos con superficies topográficas de edad bien definidas. Naturalmente el suelo no puede ser más antiguo que la superficie topográfica que ocupa, será contemporáneo de ella o algo posterior. El estudio del Cuaternario en el área mediterránea ha tomado un gran impulso en la última década gracias por una parte, a la escuela francesa de edafólogos de ultramar (O.R.S.T.O.M.) que tan gran labor ha realizado en el Norte de Africa, y por otra, a los trabajos sobre prospección de suelos realizados en Francia, Italia y España, principalmente. El acuerdo general en las conclusiones alcanzadas por los diferentes autores permiten establecer un intento de cronología de estos suelos. En el Norte de Africa y Francia destacan los trabajos de Boulaine (1961), Raynal (1960), Beaudet (1960), Beaudet y Ruellan (1966),

Bonifay (1957), Chouber y Bryssine (1946), Choubert (1948), Choubert, Joly, Gigout, Marçais, Marget y Raynal (1956); En España los de Gallardo y Vaudour (1969), Monturiol y Gallardo (1970), Guerra y Badorrey (1968), Crusafait Pairo (1961-62), Badorrey, Gallardo y Riedel (1969).

En resumen, las observaciones realizadas por aquellos países sobre la evolución de los suelos desarrollados sobre terrazas fluviales permiten establecer una serie de postulados acerca de la antigüedad de estos suelos. Se ha observado la ausencia de suelos rojos tanto en las terrazas altas como en las bajas. En niveles altos, Villafranquienses, y Post-Villafranquienses se presentan suelos muy evolucionados del tipo ferruginoso tropical con fuerte hidromorfismo temporal; en las terrazas bajas, primera y lecho actual del río, los suelos presentan un horizonte B estructural o si lo tienen textural no ha sufrido el proceso de la rubefacción. Los suelos rojos se presentan en los niveles Mindel-Riss y Wurm I/II que corresponde con el Tensiftiense y Soltaniense del Cuaternario marroquí y que permite por el momento, casi asegurar que en el transcurso del Cuaternario ha habido al menos dos épocas favorables a la rubefacción y que éste fenómeno en las condiciones climáticas actuales y también por la influencia humana, está prácticamente impedi

do. La extrapolación a otras regiones de las conclusiones alcanzadas en los valles fluviales es cuestión de estudios cuidadosos porque las condiciones litológicas, topográficas, climáticas y de vegetación son muy distintas; a lo largo de éste trabajo volveremos sobre éstos problemas que tanto interés tienen para el esclarecimiento de la génesis de los suelos rojos españoles.

El factor color es el denominador común que agrupa a todos los suelos rojos, pero como veremos en la discusión del trabajo, no tiene mayor importancia por no condicionar una composición mineralógica, propiedades fisico-químicas ni una morfología definida del perfil del suelo. Según la escala Munsell (1954) los suelos con color rojo son los que tienen "hues" más rojos que 5 YR con "values" húmedos inferiores a 4, es decir que fundamentalmente, los suelos rojos tendrán "hues" de 10 R y 2,5 YR. En el estado actual de nuestros conocimientos el color rojo se debe por una parte, al elevado contenido de hierro libre en relación con el hierro total y por otra, a la deshidratación de éstos óxidos e hidróxidos provocada por la fuerte sequía estival que origina la rubefacción del plasma de la masa de suelo. Hoyos y Sanchidrián han investigado la movilización de los óxidos li-

bres en distintos tipos de suelos, sus conclusiones están de acuerdo con las de Oades (1963) y Segalen (1964); todas señalan el fuerte contenido en óxidos libres, pero cuestión importante es la investigación de la mineralogía de éstos óxidos de hierro más o menos hidratados, Segalen (1964) investiga el envejecimiento del hierro amorfo y su paso al estado cristalino; Aubert (1958) encuentra hematites, maghemita y turgita, aunque la presencia de goethita se descubre siempre tanto en suelos rojos como en los que no lo son. El problema del origen del color en los suelos rojos españoles se examinará en la discusión del trabajo.

Cuestión también muy importante es el problema de la clasificación de los suelos rojos ya que el establecimiento de unas normas de clasificación constituye uno de los objetivos de este estudio. Aunque los nombres de suelo rojo (red loam), y terra rossa eran ya tradicionales en los primeros esquemas de clasificación de suelos, el criterio seguido en su colocación dentro de cada clasificación eran distintos. Así, Marbut (1949) Joffe (1949) y Robinson (1936) colocan a la terra rossa y a los red loam dentro del orden de los Pedalfer, es decir, dentro de los suelos cuyo proceso edáfico principal es la movilización de óxidos de hierro y aluminio

dentro del perfil por la acción protectora de otros coloides electronegativos; así los colocan junto a los suelos lateríticos expresando de esta forma, creemos que de un modo muy exagerado, la importancia que tiene el hierro en la formación de la terra rossa, particularmente si se le compara con el proceso de laterización. Por el contrario Huguet del Villar (1930) coloca a la terra rossa dentro de los suelos en los que el "ciclo calizo", en definitiva el ión Ca^{++} , es el que ejerce una mayor influencia en el proceso formador principal e incluso de este autor es el concepto de "rendzinas rojas", expresando así un posible estadio intermedio de evolución entre los suelos rendzina y la terra rossa. Pero Huguet del Villar no habla de otros suelos rojos que de la terra rossa y la subdivide únicamente según sea formada "in situ" o si ha sufrido un proceso de arrastre y coluvionamiento. Kubiena (1952) separa de una manera drástica la terra rossa, formada siempre sobre calizas compactas y pobres en microesqueleto, de los suelos también rojos pero formados sobre otros materiales. La terra rossa la subdivide de una manera convencional según su riqueza en sílice coloidal frente a los óxidos de hierro y aluminio y desde luego sin datos suficientes para fundamentar la necesidad ni la importancia de ésta subdivisión. Como el resto de los suelos rojos lo inclu

ye dentro del rotlehm y éstos a su vez en los Plastosuelos, es decir dentro de un tipo de suelo que ha sufrido una profunda desintegración química propia de climas tropicales o subtropicales, se ve forzado el mismo autor a justificar la presencia de dichos suelos rojos en el área mediterránea asignándoles un caracter relicto tropical difícil de mantener, como veremos en la discusión de éstos suelos, ya que la enorme extensión de estos suelos, tanto en el Sur de Europa como en el Norte de Africa, se explica muy difícilmente con ésta teoría. Por otra parte Kubiena descubre por completo en su Sistemática precisamente el caso más general de suelo rojo mediterráneo, que es el formado sobre materiales silícicos y con riqueza en bases y elementos nutritivos; La escasez de prospecciones de suelos y de mapas en el área mediterránea cuando este autor escribió sus Claves de suelos, justifica ampliamente esta anomalía.

La clasificación francesa incluía los suelos rojos dentro de la Clase VIII en la que hace subdivisiones o Subclases: La de los rojos y pardos mediterráneos, la de los ferruginosos tropicales y por último la de los suelos ferralíticos. Justificaba la inclusión de los suelos mediterráneos en ésta Clase por su riqueza en sesquióxidos de hierro

y aluminio y se forman sobre materiales calizos o ricos en cal. La subdivisión en lixiviados y no lixiviados la fundamenta por el índice de arrastre en arcilla entre los horizontes A y B. Naturalmente la génesis de los suelos pardos y rojos mediterráneos tiene poco que ver con la de los suelos ferruginosos tropicales y los ferralíticos, formados bajo clima tropical, por ello la última clasificación francesa, edición 1967, hace una primera división de la antigua Clase VIII y separa los suelos ferralíticos de los suelos ricos en sesquióxidos de hierro o manganeso que constituyen la actual Clase IX. Esta Clase queda entonces reducida a dos Subclases; la de los suelos ferruginosos tropicales, en la que la individualización y movilización de los óxidos de hierro bajo clima tropical es el proceso fundamental y la de los suelos ferralíticos, los mediterráneos, en los que el proceso fundamental formador es la génesis de minerales de la arcilla a los que la presencia de los óxidos libres de hierro fuertemente deshidratados, comunican las características morfológicas de los suelos rojos.

El sistema de clasificación americano, conocido también como 7th Approximation, en su edición de Marzo de 1967 ofrece amplias posibilidades para un intento de clasificación de los suelos rojos mediterráneos, ya que considera a

nivel del Gran Grupo el color rojo del suelo dentro de una serie de características morfológicas impuestas por el Orden y Suborden. Condiciona el proceso de la rubefacción a la presencia de un horizonte argílico, cosa que está en completo desacuerdo con el criterio francés que admite los suelos rojos "peu lessivés" es decir, con horizonte B estructural. Así los suelos rojos quedan dentro de los Ordenes, Alfisoles, Ultisoles y Mollisoles con horizonte argílico según que el grado de saturación del horizonte argílico sea superior o inferior al 35%. El esquema queda así:

Orden	Suborden	Gran Grupo
Mollisoles	Xeroll	Argixeroll
Alfisolos	Xeralf	Rhodoxeralf y Palexeralf
Ultisoles	Xerult	Haploxerult

Si la diferencia fundamental entre los Subórdenes con sílabas Ust y Xer es la de que el suelo permanece seco en los Xer al menos durante 60 días seguidos al año y los suelos Ust que estén secos 90 días acumulados, dadas las características climatológicas de las regiones mediterráneas, en las que existe un periodo único estival seco, es preciso

eliminar para la clasificación de suelos rojos mediterráneos, los suelos pertenecientes a los Subórdenes Ustalf, Udalf y Ustult; quedan entonces los Subórdenes Xeroll, Xeralf y Xerult, en los que había que encajar estos suelos según el grado de saturación de la arcilla del horizonte argílico y la presencia de un epipedon mólico.

La FAO (1968) presentó en el IX Congreso de la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo celebrado en Adelaide (Australia) en Septiembre de 1968, un esquema de clasificación, inspirado en gran parte en el sistema americano; estaban incluidos los suelos rojos dentro de dos grandes unidades equivalentes a los "Alfisoles" y "Ultisoles" de los americanos, éstas son: "Luvisoles" y "Acrisoles". Dentro de cada una de estas unidades los suelos rojos que pueden presentarse en las regiones mediterráneas se incluyen en las unidades "Chromic" y "Rhodic" según que la capacidad de cambio de la arcilla sea mayor o menor de 24 m.e.q. por 100 gramos es decir según que predomine minerales de la arcilla de estructura 1:1 o 2:1 que caracterizan a su vez a procesos edáficos de naturaleza e intensidad muy distintas.

En el Mapa de Suelos de España a escala 1:1.000.000 (1968) la unidad suelo rojo se subdivide en dos, según se

desarrolle sobre materiales calizos o silíceos, esta subdivisión es insuficiente para explicar y representar las características genéticas de éstos suelos, pero la pequeñez de la escala del mapa impidió mayor precisión. Tanto los suelos rojos sobre materiales calizos como los desarrollados sobre rocas silíceas, tienen y presentan una gran variabilidad genética en función de la posición topográfica y las propiedades físicas y composición mineralógica del material originario.

El problema de la evolución de los suelos rojos bajo las distintas condiciones que existen en el área mediterránea ha sido debatido por diversos investigadores, entre los que destacan Kubierna (1962), Duchaufour (1968) y Boulaine (1966). Partiendo de la base de que no hay criterio unánime acerca de la formación de éstos suelos, muchos investigadores son partidarios del carácter policíclico; se comprende que tampoco exista unanimidad acerca de las transformaciones sufridas por estos suelos debido al cambio de las condiciones del medio. Kubierna fué con mucho, el primero que abordó el problema de los cambios sufridos por los suelos rojos al evolucionar hacia condiciones de mayor aridez; llamó a este proceso "terrificación", de ahí los subtipos de terra re-

ssa y rotlehm terrificado en el que va implícito por consiguiente, el caracter relicto de éstos suelos. El proceso de terrificación es contrapuesto al de la formación de lehm, en éste el hferro está fuertemente peptizado por la silice coloidal, la masa basal del suelo es densa, movable, se forman estructuras fluidales con fenómenos de birrefringencia. Por la terrificación el hferro floclula separándose en pequeños grumos de color rojo muy oscuro, las estructuras fluidales solo se observan en ciertos lugares localizados, la contextura se hace abierta y rica en cavidades, la estructura se hace más grumosa y en conjunto, el suelo toma las características de tierra parda excepto aquellas propiedades irreversibles heredadas del antiguo suelo rojo.

El proceso de terrificación de los suelos rojos estudiado por Kubiena no tiene relación con el de la estepización de los autores franceses; en la estepización el suelo rojo evoluciona a suelo isohúmico, se comporta como material originario del mismo, y consiste en una incorporación paulatina y profunda del humus cálcico, como consecuencia del aporte de materia orgánica procedente de la espesa vegetación herbácea de la llamada estepa mediterránea bajo clima semiárido. Paralelamente al proceso de estepización, se pro

senta también con frecuencia en el área mediterránea semi-árida, la calcificación secundaria que comunica al perfil de suelos rojos propiedades químicas y estructurales con tendencia a la formación de suelo pardo. Se establece así una serie de tránsitos o intergrados entre el suelo rojo y el pardo caliza que han sido descritos por Guerra y colaboradores (1968) y en el que la calcificación secundaria acompañado del cambio climático hacia condiciones de mayor aridez, provoca un cambio profundo en la contextura del suelo adquiriendo éste unas propiedades físicas análogas a las de la terrificación.

Cuando el cambio de las condiciones climáticas es hacia una mayor pluviosidad, provocando un microclima más húmedo, se instala entonces, Duchaufour (1965), un bosque típico de las zonas templadas, el humus se incorpora únicamente en los horizontes de su superficie, corresponde al tipo mull cálcico, ácido o moder mulliforme; en los horizontes superiores hay una rehidratación de los óxidos de hierro y el suelo superficialmente evoluciona hacia la formación de una tierra parda en la que el suelo rojo actúa como material originario.

Otro de los procesos evolutivos de los suelos rojos es el de la Tirsificación, Choubert (1948); esta evolución

es consecuencia de lento drenaje temporal que se establece en las zonas de inundación provocando un ennegrecimiento del suelo y la aparición de ciertas características propias de los vertisoles. De momento el proceso o mecanismo edáfico que haga evolucionar un suelo rojo a vertisol está todavía en discusión ya que es difícil explicar que sin cambio en las condiciones de microtopografía puedan sucederse los procesos tan diferentes como el de la rubefacción y el de la formación de minerales de la arcilla de retículo expandible.

Problemática actual de los Suelos Rojos en España: Selección de suelos.

Si se acepta que los suelos rojos son los que representan mejor las características edáficas que han imperado en el transcurso del Cuaternario medio mediterráneo, y siendo sin duda España el país en el que se presentan en mayor extensión, su estudio es de gran importancia no sólo como contribución española en el desarrollo de la Ciencia del Suelo, sino también por el interés nacional en el mejor conocimiento de uno de nuestros tipos de suelos más repartidos en nuestro país. Los trabajos de prospección de suelos rojos fueron iniciados en España por Guerra y Monturiol en el año 1953 y siguientes. Al extenderse las prospecciones de suelos, diversos autores espa

ños han realizado valiosos trabajos en distintas regiones; destacan los de González García y Col. (1962), (1963) y (1971) en el valle del Guadalquivir, Sánchez, J.A. y Col. (1966) en el Sudeste español, Alias en Granada y García Rodríguez y Forteza (1964) en el valle del Duero. Faltaba por tanto un trabajo, que al recoger las conclusiones alcanzadas por todos los autores españoles anteriormente citados, iniciase a escala nacional el estudio de los suelos rojos españoles, estudio que permitiese alcanzar una clasificación de los mismos fundamentada en sus relaciones con los principales factores genéticos. Los factores genéticos que se estudian en este trabajo son: material originario, posición topográfica, altitud, edad, clima e influencia humana. Para ello se ha hecho una selección de perfiles de suelos rojos que recogen toda la variabilidad posible en cuanto a distribución geográfica y factores genéticos formadores del suelo. Se han tomado perfiles de suelos rojos sobre diversidad de materiales, tan variados como ha sido posible, así hay suelos sobre calizas duras, margas sabulosas, areniscas, pizarras de muy diversa composición mineralógica, sedimentos cuaternarios, rocas intrusivas y de la familia del granito y estrato cristalino. La topografía y posición topográfica varían también extraordinariamente de unos perfiles a otros así como los factores climáticos, pluviosidad y temperatura.

2.- MATERIAL Y METODOS

2.- MATERIAL Y METODOS

Una vez seleccionados los lugares representativos para la toma de muestras, se abrieron los correspondientes perfiles cuya descripción se hizo en el campo, siguiendo las normas adoptadas por el Departamento de Suelos del Instituto Nacional de Edafología y Agrobiología del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Se tomaron muestras de cada uno de los horizontes diferenciados así como del material originario, a los cuales se le practicaron en el Laboratorio los siguientes análisis:

- Análisis Mecánico
- Carbonatos Alcalino-térreos
- Grado de Acidez (pH)
- Materia Orgánica
- Nitrógeno Total
- Capacidad de intercambio iónico y cationes cambiables
- Hierro libre y total
- Análisis Químico total
- Caracterización mineralógica de las arcillas por difracción de Rayos X.

- Análisis mineralógico de la fracción arena
- Microscopía Electrónica
- Micromorfología

A continuación se hace una descripción somera de los métodos seguidos en cada una de éstas determinaciones:

2-1.- ANALISIS MECANICO

En general se sigue la técnica propuesta por Kilmer y Alexander (1949). En los suelos carbonatados se hicieron dos determinaciones, destruyendo carbonatos con ácido clorhídrico y sin destruir los carbonatos.

Después de separar por tamizado la fracción gruesa (mayor de 2 mm) se tomaron 20 g. de suelo a los que se les eliminó la materia orgánica, las sales solubles y en las muestras calcáreas los carbonatos, y se obtuvo el peso de la fracción mineral de suelo al que se ha de referir el porcentaje de las fracciones de arena, limo y arcilla.

Se dispersó el suelo por agitación mecánica durante diez horas, usando como agente dispersante exametafosfato sódico. Se separaron por tamizado las fracciones mayores de 50 micras y por sedimentación, de acuerdo con la Ley de Stock

kes, la comprendida entre 2 y 20 micras (limo) y la inferior a 2 micras (arcilla) dando por diferencia la comprendida entre 20 y 50 micras (limo grueso) obteniendo un total de siete fracciones que permiten clasificar el suelo de acuerdo a su textura tanto en el sistema americano como en el internacional.

2-2.- CARBONATOS ALCALINO-TERREOS

Se utilizó un método gasométrico consistente en tratar una determinada cantidad de suelo finamente molido (0,2 a 5 g.) con ácido clorhídrico, midiendo el volumen de CO_2 desprendido, el que se compara con el producido por una cantidad determinada de CaCO_3 tratada en idénticas condiciones. Los resultados se expresan en gramos de CaCO_3 por 100 g. de suelo.

2-3.- GRADO DE ACIDEZ (pH)

El pH se determinó en pasta saturada de agua y de cloruro potásico N. utilizando un Potenciómetro Beckman provisto de expansor de escalas y electrodo de vidrio. Antes de efectuar las lecturas de pH se esperó un tiempo mínimo de una hora para que se estableciese el equilibrio.

2-4.- MATERIA ORGANICA

Para esta determinación se siguió el método propuesto por Walkey-Black (1947) consistente en una oxidación húmeda del carbono orgánico del suelo por exceso de dicromato potásico normal en medio fuertemente sulfúrico, utilizando el calor de dilución de este ácido para facilitar la oxidación según la siguiente ecuación:



El exceso de dicromato se valora con sulfato ferroso amoniacal en presencia de ácido fosfórico y fluoruro de sodio usando difenilamina como indicador. Para transformar el carbono orgánico en materia orgánica se utiliza el factor 1.742 debido a Washman.

2-5.- NITROGENO TOTAL

Se siguió el método de Kjeldahl modificado (Jackson 1962) consistente en digerir el suelo con ácido sulfúrico adicionado de sulfato potásico para lograr un punto de ebullición más alto, Lake y colaboradores (1951). Como catalizador se utilizó una mezcla de sulfato de cobre y selenio metálico en polvo en la proporción de 20-1. El amonio forma

do se desplazó con hidróxido de sodio destilándolo en corriente de vapor sobre ácido sulfúrico valorado, determinando el exceso de éste por titulación con hidróxido de sodio usando el indicador Shiro-Tashiro.

2.6.- CAPACIDAD DE INTERCAMBIO IONICO Y CATIONES CAMBIABLES

En vista de la heterogeneidad de estos suelos y la abundancia entre ellos de los calcáreos se decidió utilizar el método Mehlich tanto para determinar la capacidad total de intercambio catiónico como para cada uno de los cationes de cambio determinados. En líneas generales el método consiste en desplazar los cationes de cambio por una Solución de cloruro de bario tamponizada a pH 8,1 con trietanolamina. El desplazamiento se hizo por sucesivos lavados y centrifugados del suelo con la referida solución desplazante y finalmente con agua hasta un volumen determinado de solución, en el cual se determinan separadamente los cationes Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ y H^+ . El suelo saturado de bario por el anterior tratamiento se trata, en sucesivos lavados, con cloruro de calcio y finalmente con agua hasta un determinado volumen, en el que se determina la concentración del bario desplazado por el calcio, que equivale a la capacidad total de intercambio iónico.

El bario (capacidad total), el calcio, el sodio y el potasio se determinaron espectrofotométricamente utilizando un fotómetro de llama Eppendorf. El magnesio se determinó por absorción atómica con un espectrofotómetro Perkin-Elmer y el Hidrógeno (acidez de cambio) por titulación del extracto obtenido en el desplazamiento, en relación con la titulación en igualdad de condiciones de la solución desplazante original.

Los resultados se expresan en miliequivalentes por 100 g. de suelo.

2.7.- HIERRO LIBRE

Consideramos (según Duchaufour 1965) como hierro libre el que existe como iones solubles, como hidróxidos o también como combinaciones temporales solubles o poco solubles, con la materia orgánica o con la sílice, pero susceptibles de ser fácilmente rotos por los agentes químicos.

De entre los muchos métodos propuestos para la extracción de las formas libres de hierro entre las que figuran los de Tamm (1948), Dion (1944), Aguilera y Jackson (1953), Mackencie (1949), Haldane (1956), Mehra y Jackson (1960), Segalen (1964); nosotros hemos elegido el de Deb

(1950) por considerarlo el más idóneo para este tipo de suelos en los que abundan los óxidos cristalinos difícilmente solubles en los extractantes débiles según se indica en la Tesis Doctoral de J. R. Sanchidrián (1967) y nosotros hemos comprobado.

Con este método, se extrae el hierro después de reducirlo con hidrosulfito sódico y como las muestras estudiadas son muy ricas en hierro, se hicieron tres extracciones sucesivas utilizando 0,5 g. de suelo triturado a un tamaño de grano inferior a 0,2 mm.

El hierro extraído se determinó colorimétricamente con 0-fenantrolina después de eliminar el exceso de hidrosulfito, sus productos de descomposición y la materia orgánica por sucesivos tratamientos con ácidos oxidante en caliente.

Los resultados se expresan en Fe_2O_3 y se refieren a 100 g. de suelo.

2.8.- HIERRO TOTAL

Para la extracción del hierro total se siguió el método utilizado por el O.R.S.T.O.M. en Bondy, Francia, más conocido por el de los tres ácidos que a grandes rasgos con

siste en lo siguiente:

Un gramo de suelo triturado a menos de 0,2 mm. se trata con 30 ml. de una mezcla sulfonítrica y 20 ml. de HCl concentrado. Se calienta sobre baño de arena hasta sequedad y se extrae el h^{ierro} con HCl concentrado. El residuo de la primera extracción se somete al mismo tratamiento y sobre los líquidos filtrados se determina el Fe por el método colorimétrico de la O-fenantrolina expresándose los resultados en Fe₂O₃ referido a 100 g. de suelo.

2.9.- ANALISIS QUIMICO TOTAL

En líneas generales se siguieron las técnicas de análisis de rocas descritas por Shapiro y Braunock (1952), en las cuales figuran métodos colorimétricos, volumétricos y espectrométricos de emisión de llama.

De la muestra a analizar, después de molida hasta un tamaño de grano inferior a 50 micras, se toman cuatro porciones en las cuales se determinan respectivamente:

I) SiO₂

II) Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, MnO₂, P₂O₅, CaO, MgO,
Na₂O y K₂O

III) H_2O

IV) FeO

2.9.1.- I) SiO_2

Se funden en crisol de plata 50 mg. de muestra y 750 mg. de NaOH. La sílice solubilizada se disuelve en agua y se determina colorimétricamente a $6.500 \overset{\circ}{\text{Å}}$, la intensidad del color azul obtenido mediante el molibdato amónico y la posterior reducción del silicomolibdato formado en azul de molibdeno usando como reductor sulfito sódico, Bunting (1944). El fotocolorímetro empleado, igual que para las restantes determinaciones colorimétricas, ha sido un Elko II de Zeiss.

II) $Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, MnO_2, P_2O_5, CaO, MgO,$
 Na_2O y $K_2O.$

Para efectuar la serie de determinaciones comprendidas en este aparte se atacan en crisol de platino y a baño maría 200 mg. de muestra con 1 ml. de ácido perclórico y 4 ml. de ácido fluorhídrico, el residuo llevado a sequedad usando una lámpara de infrarrojo para evitar proyecciones, se redisuelve en 1 ml. de ácido perclórico y se lleva a 100 ml. con agua destilada. En alícuotas de esta solución se de-

terminan los distintos elementos usando las siguientes técnicas:

2.9.2.- $\underline{\text{Al}_2\text{O}_3}$

Se sigue un método volumétrico propuesto originalmente por Milnes y Woodhead (1955), modificado por Wanninen y Ringbon (1955) y perfeccionado por Weibel (1961).

Consiste en separar las sustancias interferentes tales como Fe, Ti y Zr, mediante una extracción con cupferron disuelto en cloroformo seguida de una fijación en forma de complejo del posible hierro que quedara sin extraer con sulfato de berilio para finalmente complejar el Al con E.D.T.A., valorando por retroceso el exceso de éste con sulfato de zinc empleando como indicador la ditizona.

2.9.3.- $\underline{\text{Fe}_2\text{O}_3}$

El hierro total expresado en óxido férrico se determina colorimétricamente con 2 - 2' dipiridilo midiendo a 5.220 Å la intensidad del color rojo correspondiente al complejo hierro-dipiridilo formado sin que se produzca ninguna interferencia.

2.9.4.- TiO₂

Se sigue el método colorimétrico del peróxido de hidrógeno midiendo a 4.200 Å la intensidad del color amarillo formado al actuar el peróxido de hidrógeno sobre las sales de titanio en presencia de los ácidos sulfúrico y fosfórico.

2.9.5.- MnO

Se determina colorimétricamente oxidándolo a permanganato con persulfato amónico en medio ácido y en caliente usando nitrato de plata como catalizador. El permanganato formado se mide a 5.250 Å, Nydahl (1949).

2.9.6.- P₂O₅

Se determina colorimétricamente siguiendo el método indicado por Shapiro y Braunock original de Kitson and Mellon (1944), consistente en medir la intensidad del color amarillo de fosfo-molibdo-vanadato obtenido al tratar en medio ácido las sales de fósforo por una mezcla de molibdato y vanadato de amonio.

2.9.7.- CaO

Se valora complexométricamente con EDTA a pH 13, usando como indicador ácido calcón-carboxílico.

2.9.8.- MgO

Se obtiene restando el valor del CaO obtenido previamente de la suma de CaO + MgO determinada al valorar con EDTA a pH 10, usando como indicador negro de eriocromo T después de enmascarar los iones interferentes tales como Al, Fe, Ti, y Zr con trietanolamina y cianuro potásico. (Betz and Noll 1950).

2.9.9.- Na₂O y K₂O

Para estos dos elementos se utiliza la fotometría de llama eliminando previamente los iones interferentes precipitándolos con carbonato amónico, Sumale y Wager (1960).

2.9.10.- III) H₂O

El agua total se determina siguiendo el método de Penfield (1894), según el cual medio gramo de muestra se coloca en un tubo de dos bolas; la primera, que contiene la muestra, se calienta fuertemente durante 20 minutos y el agua despren

dida se condensa en la segunda bola refrigerada, en la cual, después de separada, se determina el agua por diferencia, pesándola antes y después de desecada en la estufa.

2.9.11.- IV) FeO

Para determinar el hierro ferroso se sigue el método elástico consistente en atacar la muestra en crisol tapado con una mezcla de los ácidos sulfúrico y fluorhídrico seguida de una valoración del hierro ferroso con permanganato potásico en presencia de ácido bórico.

2.10.- CARACTERIZACION MINERALOGICA DE LAS ARCILLAS POR DIFRACCION DE RAYOS X.

Se obtuvieron diagramas de difracción utilizando agregados orientados de arcilla al estado natural y solvatadas con glicerina. En los casos que aparecía un pico de difracción correspondiente a un espaciado del orden de 14 \AA se calentó la muestra a 500°C , para determinar si se debía a clorita o vermiculita, Walker (1950), Brown (1953), Hathway (1955), ya que el tratamiento con glicerina nos permitía identificar la montmorillonita, Mac Ewan (1944).

Los agregados orientados se prepararon utilizando la

suspensión de arcilla dispersa, libre de materia orgánica, obtenida en el análisis mecánico y llevada a una concentración del 1%, Jackson (1960), 2 ml. de esta suspensión en el caso de agregados naturales o bien adicionados de 1/2 gota de glicerina, se colocan sobre un porta de vidrio de 5 x 3 cm. y se abandonan a la temperatura ambiental hasta la completa evaporación del agua. Los mismos agregados de arcilla al estado natural, se calentaron a 500°C durante dos horas, cuando según consideraciones anteriores, se ha creído necesario.

Se utilizó un generador y un difractor de rayos X Philips siendo las condiciones operatorias las siguientes: Tubo de Cu, 40 KV, 20 mA, filtro de Ni, multiplicación 16 x 1, ranura de divergencia 1 grado, ranura de recepción 0,2 mm., ranura de dispersión 1 grado, velocidad de exploración 1 grado por minuto y constante de tiempo 4 segundos.

Es de destacar que dado el alto contenido en hierro de estas muestras y habiendo usado un tubo con anticátodo de Cu por no disponer del de Cobalto, más indicado para este tipo de muestras, la generalidad de los diagramas presenta un fondo muy grande debido a la radiación continua de fluorescencia del hierro que enmascara las líneas más débiles de difracción.

La interpretación de los diagramas nos dá una información de tipo cualitativo, si bien la intensidad relativa de las distintas líneas de difracción nos orienta sobre la abundancia o escasez de los minerales presentes.

Para la representación de la composición mineralógica de la fracción arcilla dada en la tabla de resultados analíticos correspondiente a cada perfil, se utilizan los símbolos siguientes:

- K - minerales tipo caolinita
- I - minerales tipo mica
- M - montmorillonita
- V - vermiculita
- Cl - clorita

La estimación semicuantitativa de los minerales presentes en la fracción arcilla se expresa de la forma siguiente:

- x x x - mineral dominante
- x x - " abundante
- x - " escaso

2.11.- ANALISIS MINERALOGICO DE LA FRACCION ARENA

Las muestras procedentes del análisis mecánico en los tamaños 0,5 - 0,2 mm y 0,2 - 0,05 mm. han sido sometidas al tratamiento por ClH en frío, al 50% aproximadamente, y a continuación por $S_2O_4Na_2$ al 10%, con el fin de obtener granos minerales limpios, para su posterior identificación al microscopio petrográfico, técnica seguida en la Sección de Mineralogía de Suelos (Aleixandre y Pinilla, 1968).

A continuación, se ha procedido a separarlas en sus fracciones ligera y pesada mediante bromoformo (d. 2,9).

Las fracciones pesadas han sido montadas en bálsamo de Canadá, procediendo a continuación al recuento de los minerales que las constituyen, obteniéndose así las asociaciones mineralógicas correspondientes. En este recuento de minerales se halla únicamente el tanto por ciento de minerales transparentes. El número de minerales opacos naturales, opacos por alteración, alteritas y aglomerados es el correspondiente a 100 minerales transparentes.

Respecto a las fracciones ligeras se ha procedido a su tinción por medio de los colorantes hemateína y cobaltinitrito sódico con el fin de identificar los feldespatos potásicos,

calcosódicos y el cuarzo. Procediendo, una vez finalizada la tinción, a incluir los granos de minerales en una mezcla de clorobenzol y nitrobenzol, habiéndose realizado el recuento de todos sus componentes. Los resultados obtenidos se expresan en porcentajes.

En los casos en que el número de minerales sea tan es caso que impida su contaje, se utilizan las siguientes expresiones:

- + + + - dominante
- + + - común
- + - presente
- . - escaso
- - ausente

2.12.- MICROSCOPIA ELECTRONICA

La observación con el microscopio electrónico se ha efectuado sobre las muestras al estado natural y después de haberles extraído el hierro "libre" siguiendo el método de Deb.

Para la preparación de las muestras se siguieron las técnicas habituales en el Laboratorio de Microscopía Electró

nica del Instituto de Edafología y Biología Vegetal del C.S. I.C. que a grandes rasgos consiste en dispersar el suelo en agua mediante ultrasonido, pasar una gota de ésta dispersión a la rejilla porta-muestras y estudiarla por transmisión. Se ha empleado un microscopio Philips 300 con voltajes de aceleración de 60 y 80 Kv. Las preparaciones se han estudiado entre 10.000 y 100.000 aumentos.

2.13.- MICROMORFOLOGIA

Se siguió el método habitual en el Laboratorio de Micromorfología de Suelos del Instituto de Edafología del C.S. I.C. de Madrid, consistente, de acuerdo con el Prof. Kubiena, en la preparación de láminas delgadas especiales que conser-van intacta la estructura natural del Suelo, realizándose posteriormente sobre las mismas el estudio micromorfológico y micromorfométrico.

En la preparación de cortes delgados se siguieron fundamentalmente las técnicas propuestas por Altemuller, (1962); Jongerius y Heintzberg (1963) y Polcskiy (1962), en las cuales pueden considerarse tres operaciones principales: a) Im-bibición de la muestra con sustancias cementantes, b) Desbastado y c) Pulido final y acabado.

a) La imbibición se efectúa en moldes especiales y al vacío con una resina sintética de poliestireno de nombre comercial Cromolita 1.108. Se trata de una resina de alta reactividad, viscosidad media y ligeramente elástica, de aspecto incoloro y que se expende en estado líquido.

Como catalizador se utiliza peróxido de benzoflo y como activador naftenato de cobalto en las proporciones respectivas de 0,5% y 0,2%. La polimerización se consigue normalmente en ocho días y la mezcla es generalmente de 100 partes de resina y 20 de estireno monómero.

b) Para el desbastado se cortan los bloques polimerizados, utilizando una sierra de diamante, en pequeños bloques prismáticos de dimensiones standard que permiten su acoplamiento en una plantilla metálica que se adapta a la mesa de una máquina planificadora. Una vez planificados los bloques se pasan por papeles abrasivos de grano cada vez más fino y se fijan a un porta-objetos de vidrio mediante la resina imbibidora sin diluir.

Una vez que los bloques están ya fijos en los vidrios se cortan en secciones de 1,5 a 2 mm. de espesor y se llevan de nuevo a la planificadora donde se pulen hasta conseguir

cortes delgados.

c) Para el acabado se utiliza una máquina pulidora-rectificadora de superficies planas Buchler 1402, y el pulido final se efectúa a mano utilizando papeles de esmeril de grano muy fino. Por último el cubre-objetos se fija con la misma sustancia que se utilizó para pegar el bloque al porta-objetos.

3.- PROFILES

3.- PERFILES

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL II - R

Localidad: Villanueva de la Serena (Badajoz)

Situación: C^a de Villanueva a la Coronada. Km. 29

Topografía: Ondulada

Agricultura: Cereal, leguminosa y olivar

Material orginario: Pizarra

Drenaje: Externo lento; Interno medio

Desarrollo del perfil: A/B_t/Ca/C

Altitud: 330 m.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 25	(A/B) _p	Color 2,5 YR 5/4. Es de textura arenolimososa; estructura poliédrica poco desarrollada. Consistencia media y rápida permeabilidad. Contiene escasa materia orgánica. Transición gradual.
25 - 55	B _t	Color 2,5 YR 4/4. Muy escaso de materia orgánica. Textura arcillosa; la estructura varía de poliédrica angular a prismática muy de

sarrollada. Es de consistencia fuerte y permeabilidad media.

55 - 65	Ca	Horizonte de acumulación de carbonato cálcico en forma de pequeños nódulos que dan caracter calizo a la parte superior del horizonte C.
+65	C	Pizarra descompuesta.

ANALISIS MECANICO

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm.	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,002	Clas. Text. (Americana)
(A/B) _p	20,51	33,10	20,62	25,77	franco
Bt	9,77	14,51	15,67	60,05	arcilloso

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
(A/B) _p	5,98	7,37	7,16	17,68	15,42
Bt	2,91	3,81	3,05	7,55	6,96

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
(A/B) _p	--	7,35	6,25	1,82	1,07	0,107	10,00
Bt	--	7,15	6,00	1,00	0,59	0,082	7,19

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
(A/B) _p	25,62	16,32	4,10	0,30	0,45	5,14	82,6
Bt	46,25	29,92	8,96	0,44	0,31	7,19	85,7

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total 100	%Fe ₂ O ₃ Libre % Arcilla 100	%Fe ₂ O ₃ Total % Arcilla 100
(A/B) _p	2,80	4,52	61,9	10,9	17,54
Bt	4,45	6,87	64,8	7,4	11,44
C	2,03	7,99	25,4	--	--

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

Si O ₂	68,60	CaO	1,26
Al ₂ O ₃	13,50	Na ₂ O	1,91
Fe ₂ O ₃	1,67	K ₂ O	2,35
FeO	3,54	H ₂ O	3,16
MnO	0,03	TiO ₂	0,56
MgO	2,52	P ₂ O ₅	0,18

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
(A/B) _p	xx	xxx	x	-	-
Bt	xx	xxx	xx	-	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	(A/B) _p		Bt	
	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Tamaño fracción mm	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Opacos naturales	+	++	+	++
Opacos de alteración	++	+++	++	+++
Esmeralda	-	++	+	++
Rutilo	-	-	-	+
Anatasa	..	.	-	-
Estauroлита	-	.	-	+
Andalucita	+	++	+	+++
Epidota	+	+	-	+
Hornblenda	+	.	-	.
Alteritas	+++	+++	+++	++

Fracción ligera

Horizonte	(A/B) _p		Bt	
	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Tamaño fracción mm	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Cuarzo	66	77	51	70
Feldesp-K	15	12	11	10
Feldesp-Ca-Na	-	2	8	4
Micas	4	5	3	4
Alteritas	14	3	26	11
Agregados	2	1	1	1

Nota: La escasez de minerales pesados transparentes impidió hacer el conteo de esta fracción.

Comentarios

Este perfil muestra una gran influencia antrópica en el horizonte superior, así como contaminaciones de elementos alóctonos constituidos por fragmentos de cuarcita, feldespatos, cuarzo y nódulos de calcita microcristalina; esta influencia alóctona disminuye considerablemente en el horizonte Bt donde predominan los minerales del material originario. El perfil muestra una profunda argilización en el horizonte Bt con movimiento y depósito de arcilla en las caras de los agregados. Aunque el pH es aproximadamente 7, la liberación de óxidos de hierro está muy acentuada en el horizonte Bt con relación al horizonte C.

La estructura del horizonte Bt está muy desarrollada, consecuencia de la gran cantidad de arcilla y de la naturaleza de la misma.

La tendencia a la formación de prismas se puede explicar por la presencia de montmorillonita favorecida por el alto contenido en magnesio del complejo de adsorción.

Destaca en este perfil la presencia del horizonte Ca de acumulación de carbonato cálcico en forma de nódulos; el origen de este carbonato, puede explicarse por la meteorización de la pizarra como fenómeno contemporáneo a la argi-

lización del perfil o bien debido a la acumulación de precipitados de aguas cargadas con bicarbonato cálcico procedentes de escorrentías subsuperficiales que impregnaron la zona de contacto entre el horizonte Bt y la pizarra.

Los procesos formadores de este suelo consistieron en la argilización o formación de un horizonte Bt de fuerte carácter textural, que siguió a la lixiviación de los carbonatos, rubefacción del suelo y posterior terrificación del horizonte superior favorecida por la adición de elementos alóctonos y por la acción humana.

El análisis mineralógico de la fracción arena muestra una apreciable diferencia entre los horizontes (A/B)p y Bt siendo ésta mayor, al compararlos con el horizonte C constituido por aglomerados compuestos por micas, cuarzo, feldespatos y abundante material ferruginoso, todo ello del tamaño de limo y arcilla, mientras que en los horizontes superiores abundan los minerales resistentes de mayor tamaño, a los que debe atribuírseles un carácter alóctono.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL III - R

Localidad: Azuaga (Badajoz)

Situación: Cerca del paso a nivel en la Ca. de Azuaga

Topografía: Ondulada

Agricultura: Cereal y leguminosas

Material originario: Areniscas

Drenaje: Externo nulo: Interno de medio a lento

Desarrollo del perfil: A/Bt/C₁Ca/C

Altitud: 600 m.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 20	Ap	Color 5 YR 4/8. Contiene es- casa materia orgánica. Es de textura areno-limosa, estruc- tura poliédrica subangular bien desarrollada. La consis- tencia varía de media a fuer- te, siendo la permeabilidad media. No hay CO ₃ Ca aprecia- ble en este horizonte. Tran- sición gradual.
20 - 60	Bt	Color 5 YR 5/6. Horizonte <u>mi</u> <u>neral</u> , pobre en materia orgá- <u>nica</u> . La textura es arcillo- sa; la estructura varía de

poliédrica angular a prismática bien desarrollada, la consistencia es fuerte y la permeabilidad media a lenta. En su masa se observan granos resistentes a la meteorización procedentes de la arenisca. Tampoco tiene CO_3Ca apreciable.

+ 60

C_1/Ca

De permeabilidad rápida, Arenisca descompuesta muy carbonatada.

Observaciones: La alteración penetra profunda e intensamente en el horizonte C_1/Ca sufriendo además una carbonatación que impregna la arenisca externamente en todas sus grietas; internamente la arenisca no da reacción de carbonatos.

ANALISIS MECANICO

Sin destruir Carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2 mm	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla 0,002	Clas. Tex. (Americana)
Ap	26,21	27,63	17,95	28,21	F. Ac.
Bt	16,91	21,41	15,88	45,80	Ac.
C_1/Ca	32,42	24,21	17,86	25,51	F.
C	57,89	13,35	14,59	14,17	F. Ar.

Con destrucción de Carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,002	Clas. Text. (Americana)
Ap	25,71	25,90	18,82	29,57	F. Ac.
C ₁ /Ca	35,98	16,11	11,98	35,93	F. Ac.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar.M.F. 0,05-0,02
Ap	7,49	9,03	9,69	14,10	13,53
Bt	4,60	5,64	6,67	11,61	9,80
C ₁ /Ca	8,06	13,88	10,48	10,82	13,39
C	26,03	21,51	10,35	8,32	5,03

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	ClK				
Ap	3,42	7,70	6,80	1,29	0,76	0,071	10,70
Bt	<1,00	7,65	6,60	0,49	0,29	0,042	6,90
C ₁ /Ca	12,24	7,80	6,95	0,66	0,39	0,050	7,80
C	<1,00	7,80	6,85	0,17	0,10	0,027	3,70

CO PLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
Ap	33,75	26,60	1,79	0,19	0,49	4,11	86,1
Bt	42,50	32,25	3,32	0,31	0,22	6,16	84,9
C ₁ /Ca	31,25	29,92	1,79	0,22	0,32	--	100
C	24,89	21,61	1,79	0,20	0,26	1,02	95,8

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total ¹⁰⁰	% Fe ₂ O ₃ Libre % Arcilla ¹⁰⁰	% Fe ₂ O ₃ Total % Arcilla ¹⁰⁰
Ap	3,10	4,69	66,1	11,0	16,62
Bt	4,20	6,03	69,6	9,1	13,16
C ₁ /Ca	2,99	5,03	59,5	11,7	19,71
C	2,60	4,78	54,3	18,4	33,73

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

SiO ₂	68,07	CaO	1,44
Al ₂ O ₃	10,73	Na ₂ O	0,99
Fe ₂ O ₃	5,26	K ₂ O	1,00
FeO	0,21	H ₂ O	8,00
MnO	0,14	TiO ₂	0,41
MgO	3,42	P ₂ O ₅	0,03

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
Ap	xx	xxx	xx	-	-
Bt	xx	xxx	xx	-	-
C ₁ /Ca	xx	xx	xxx	-	-
C	xx	xx	xxx	-	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	Ap		Bt		C ₁ /Ca		C	
Tamaño frac. mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Opac.natur.	+	50	++	78	+	72	++	89
Opac.de Alt.	+++	72	+++	146	+++	68	+++	115
Turmalina	-	4	-	3	-	1	-	-
Circón	-	2	-	3	-	3	-	6
Granate	+	3	+	4	+	4	-	3
Rutilo	-	1	-	2	-	1	-	3
Broquita	-	1	-	-	-	-	-	-
Estauroлита	+	3	+	4	+	4	-	5
Distena	-	-	-	1	-	-	-	-
Andalucita	-	-	-	2	+	-	-	-
Silimanita	-	-	-	-	-	-	-	-
Epidota	++	81	++	80	+	82	+	80
Anfiboles	-	4	-	1	-	-	-	-
Piroxenos	-	-	-	-	-	3	-	-
Micas	-	1	-	-	-	2	-	3
Alteritas	++	24	++	17	++	42	++	16

Fracción ligera

Horizonte	Ap		Bt		C ₁ /Ca		C	
Tamaño frac. en mm.	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2
	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05
Cuarzo %	74	88	73	89	64	49	18	22
Feldesp-K %	1	1	-	1	-	-	-	-
Feldesp-Ca-Na %	-	5	11	3	3	11	5	1
Micas %	2	2	3	3	3	2	2	3
Agregados %	-	-	1	-	8	-	2	1
Alteritas %	23	4	12	4	22	38	73	73

Comentarios

Como en el perfil anterior los procesos edáficos de este suelo son los siguientes: Formación de un horizonte B textural con moderada desintegración química acompañada del fenómeno de rubefacción; la acumulación de arcilla en el horizonte Bt se verifica a expensas de las alteritas del horizonte C y no por fenómenos de iluviación de los horizontes superiores.

Aunque el material originario no es impermeable, debido a la topografía muy suavemente ondulada y al alto contenido de magnesio, la arcilla contiene juntamente con mica, alta proporción de montmorillonita, lo que comunica a la es-

estructura carácter prismático y tal vez propiedades vérticas aunque éstas no se observan en el campo.

El carbonato cálcico se encuentra únicamente en el horizonte C_1 /Ca y su origen más probable es debido a la alteración de minerales que por su composición química suministran calcio suficiente para formar las películas de carbonato cálcico en la superficie de los agregados de este horizonte.

Hay que destacar la gran proporción de hierro libre que existe en el horizonte C, lo que se explica por la gran cantidad de alteritas que contiene, circunstancia que ha favorecido extraordinariamente la rubefacción del horizonte Bt.

El análisis mineralógico revela una gran similitud entre los distintos horizontes, si bien en los más profundos aumenta el número de aglomerados que al disgregarlos se individualizan en micas, cuarzo, algunos feldespatos y material ferruginoso abundante del tamaño del limo y arcilla. Acompañan a estos aglomerados cuarzo y feldespatos del tamaño de la arena cuya proporción en relación con los primeros aumenta a medida que nos acercamos a la superficie. Estas características entre otras, indican la naturaleza autóctona de este suelo.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL IV - R

Localidad: Villafranca de los Barros (Badajoz)

Situación: Ca. de Villafranca a Ribera

Topografía: Llana

Agricultura: Viñedo

Material originario: Pizarras cámbricas

Drenaje: Externo e interno, lento

Desarrollo del perfil: Ap/Bt/B_{ca}/CaC₁/C

Altitud: 450 m.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 20	Ap	Color 5 YR 4/6 en seco. Materia orgánica escasa. Textura arcillosa, con estructura poliédrica subangular, consistencia media y permeabilidad rápida. Es un horizonte profundamente enraizado y los poliédros se rompen en grumos. Apreciable CO ₃ Ca secundario.
20 - 65	Bt	Color 2,5 YR 3/4. La materia orgánica es escasa. Textura arcillo arenosa, estructura prismática muy desarrollada. La consistencia es fuerte y

la permeabilidad media. Los prismas son bastante grandes y se rompen en poliédros subangulares. Escaso CO_3Ca secundario.

65 - 105	Bt/Ca	Color 7,5 YR 7/6, moteado. No hay materia orgánica. La textura es limosa y la estructura particular. La consistencia muy débil y muy rápida su permeabilidad. Abundante CO_3Ca .
105 - 175	(Ca/C ₁)	Color 2,5 Y 6/2. Moteado en blanco, (el C ₁ es la pizarra).
+ 175	C	Pizarra con vetas o diques de otros materiales más resistentes.

ANALISIS MECANICO

Sin destruir carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm	A. Fina 0,2-0,02	Limo 0,002-0,002	Arcilla < 0,002	Clas.Text. (Americana)
Ap	9,55	25,24	16,30	48,91	Ac.
Bt	9,69	22,25	26,18	41,88	Ac.
Bt/Ca	26,18	27,43	23,19	23,20	F.

Con destrucción de Carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla <0,002	Clas. Text. (Americana)
Ap	8,98	23,12	21,59	46,31	Ac.
Bt	10,64	22,77	26,65	39,94	F. Ac.
Bt/Ca	24,88	27,71	17,24	30,17	F. Ac.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar.M.Gr. 2-1 mm	Ar.G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar.F. M. 0,05-0,02
Ap	1,95	3,25	4,35	11,90	13,34
Bt	2,57	3,19	3,93	10,05	12,20
Bt/Ca	10,15	8,81	7,22	15,62	11,81

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
Ap	7,27	7,65	6,80	1,53	0,90	0,098	9,18
Bt	2,89	7,65	6,65	1,02	0,60	0,067	8,96
Bt/Ca	39,61	7,90	6,90	0,765	0,45	0,046	9,78

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
Ap	58,75	51,53	3,32	0,30	0,92	1,02	95,4
Bt	60,00	53,20	3,84	0,36	0,54	1,54	96,5
Bt/Ca	37,50	37,90	3,07	0,45	0,31	--	100

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total ¹⁰⁰	% Fe ₂ O ₃ Libre % Arcilla ¹⁰⁰	% Fe ₂ O ₃ Total % Arcilla ¹⁰⁰
Ap	--	--	--	--	--
Bt	3,31	6,31	52,5	7,9	15,06
Bt/Ca	1,36	4,41	30,7	5,8	19,00

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

SiO ₂	.....	63,72	CaO	.....	4,38
Al ₂ O ₃	.....	15,83	Na ₂ O	.....	4,07
Fe ₂ O ₃	.....	3,00	K ₂ O	.....	1,25
FeO	.....	1,62	H ₂ O	.....	2,70
MnO	.....	0,09	TiO ₂	.....	0,39
MgO	.....	3,00	P ₂ O ₅	.....	0,12

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILIA

Hor.	K	I	M	V	Cl
Ap	x	xx	xxx	-	-
Bt	x	xx	xxx	-	-
Bt/Ca	x	xx	xxx	-	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	Ap		Bt		Bt/Ca		Ca/C ₁	C
Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,5 0,2
Opac. natur.	12	10	13	17	9	3	7	-
Opac. de alt.	15	6	18	3	9	3	2	-
Turmalina	1	1	-	-	-	-	-	-
Granate	68	48	65	61	92	81	37	14
Rutilo	-	-	-	2	-	-	-	-
Titanita	-	-	2	3	-	-	-	-
Estaurolita	1	-	-	-	-	-	-	-
Andalucita	2	-	-	-	-	-	-	-
Epidota	2	11	3	10	3	13	36	1
Anfiboles	26	39	27	22	2	2	21	85
Micas	-	1	3	2	3	4	6	-
Alteritas	23	2	24	3	1	2	34	-
Agregados	-	-	-	-	-	-	14	61

Fracción ligera

Horizonte	Ap		Bt		Bt/Ca		Ca/C ₁	C
Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,5 0,2
Cuarzo %	47	69	49	75	26	12	28	28
Feldesp-K %	3	6	-	3	1	-	-	-
Feldesp-Ca-Na%	17	14	13	11	19	18	6	56
Micas %	1	3	3	4	-	64	46	1
Alteritas %	2	-	6	1	-	1	18	-

Comentarios

La formación de este suelo se ha visto muy favorecida tanto por la topografía como por la naturaleza del material originario; destaca también la gran cantidad de carbonato cálcico formado a expensas de la pizarra que en condiciones naturales posee un contenido superior al 7% de alcalino-térreos.

La acumulación de arcilla en el horizonte Bt fué un proceso relativamente rápido, toda vez que el material originario la suministraba con abundancia, sin embargo, los procesos edáficos de mayor interés han sido la rubefacción, la formación de minerales montmorilloníticos y la génesis y acumulación de carbonato cálcico en el subsuelo. Estos tres procesos que constituyen la base para la clasificación de este suelo han podido realizarse casi simultáneamente. La enorme cantidad de carbonato cálcico existente solo puede explicarse por la influencia conjunta de las aguas del subsuelo que se han acumulado estacionalmente entre el horizonte Bt y el C y por la alteración del material originario.

Hay que destacar el bajo valor de la relación entre el hierro libre y el hierro total que contrasta con el color acusadamente rojo del horizonte Bt.

En la observación sobre el terreno el horizonte Bt no dió efervescencia con el ácido clorhídrico sin embargo el análisis químico acusa un valor de 2,3% de carbonato cálcico lo que se explica porque aunque la masa del suelo está descarbonatada, esta substancia se encuentra relleno de las grietas existentes entre los agregados.

La mineralogía de la fracción gruesa presenta una gran similitud entre los tres horizontes superiores en relación con el conjunto de los dos inferiores, C/C₁ y C, los cuales son muy diferentes entre sí. En el primero predominan las micas, los granates y la epidota mientras que en el segundo existe una preponderancia de feldespatos calcosódicos y de anfíboles en las fracciones ligeras y pesadas respectivamente. Esto parece indicar la existencia de dos rocas diferentes que han influido en la formación de este suelo.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL V-R

Localidad: Campillo de Llerena (Badajoz)

Situación: Sierra del Prado

Topografía: Montañosa

Agricultura: Cereal

Material originario: Pizarras silíceas

Drenaje: Externo bueno; interno lento

Desarrollo del perfil: Ap/Bt/C

Altitud: 560 m.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 30	Ap	Color 10 YR 6/4. La estructura es masiva, siendo la consistencia fuerte y la permeabilidad media. La materia orgánica es escasa y la textura limo-pedregosa con cantos de cuarcita poco rodados.
30 - 60	Bt ₁	Color 10 R 4/6. Sin materia orgánica, de textura arcillosa, estructura poliédrica angular fina muy desarrollada, siendo los poliedros muy pequeños (0,5 a 1 cms) y las películas de

"clay-skin" poco desarrolladas. La consistencia es de media a fuerte y la permeabilidad media. En este horizonte se observan chinarrros de 0,5 cms.

60 - 85

Bt₂ Color 10 R 3/6. De textura arcillosa; estructura poliédrica angular de desarrollo medio, siendo los poliedros de igual tamaño que en el horizonte superior, pero las películas de "clay-skin" están más desarrolladas. La consistencia y permeabilidad son medias y también se observa los pequeños chinarrros observables en el horizonte Bt₁.

+85

Bt/C La textura es arcillosa. La estructura es poliédrica angular de desarrollo medio. La consistencia es débil y la permeabilidad media. La pizarra está muy alterada y ya no se observan los chinarrros de los horizontes superiores. Es en este horizonte en donde están más desarrolladas las películas de "clay-skin".

ANALISIS MECANICO

Hor.	Ar. Gr. 2-02mm.	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,002	Clas. Tex. (Americana)
Ap	13,87	60,69	12,72	12,72	F. Ar.
Bt ₁	4,37	12,99	7,77	74,87	Ac.
Bt ₂	7,26	10,29	5,32	77,13	Ac.
Bt/C	9,80	24,21	12,69	53,30	Ac.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. T. 0,2-0,05	Ar.M.F. 0,05-0,02
Ap	2,33	4,05	7,49	40,35	20,34
Bt ₁	1,21	1,15	2,01	9,83	3,16
Bt ₂	1,27	2,51	3,48	7,31	0,98
Bt/C	1,73	2,74	5,23	14,31	9,90

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH H ₂ O KCl		M. O. %	C %	N %	C/N
Ap	--	5,45	4,60	1,15	0,68	0,063	10,79
Bt ₁	--	5,15	3,85	0,45	0,27	0,050	5,40
Bt ₂	--	4,90	3,90	0,35	0,21	0,046	4,57
Bt/C	--	4,85	3,35	0,34	0,20	0,040	5,00

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
Ap	13,75	2,66	1,27	0,15	0,37	11,81	32,4
Bt ₁	30,00	5,98	6,91	0,28	0,06	15,91	44,3
Bt ₂	30,62	4,98	7,17	0,27	0,05	17,46	40,7
Bt/C	23,62	1,25	2,56	0,16	0,05	19,50	17,0

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	$\frac{\text{Libre}}{\text{Total}} \cdot 100$	$\frac{\% \text{ Fe}_2\text{O}_3 \text{ Libre}}{\% \text{ Arcilla}} \cdot 100$	$\frac{\% \text{ Fe}_2\text{O}_3 \text{ Total}}{\% \text{ Arcilla}} \cdot 100$
Ap	--	--	--	--	--
Bt ₁	7,06	8,64	81,7	9,4	11,54
Bt ₂	--	--	--	--	--
Bt/C	7,20	9,39	76,5	13,4	17,61
C	4,54	6,22	73,0	--	--

ANÁLISIS QUÍMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

SiO ₂	.....	58,40	CaO	.....	1,54
Al ₂ O ₃	.....	18,35	Na ₂ O	.....	0,37
Fe ₂ O ₃	.....	6,97	K ₂ O	.....	4,50
FeO	.....	0,38	H ₂ O	.....	6,87
MnO	.....	0,03	TiO ₂	.....	0,64
MgO	.....	1,00	P ₂ O ₅	.....	0,04

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
Ap	xxx	x	-	-	-
Bt ₁	xxx	x	-	-	-
Bt ₂	xxx	x	-	-	-
Bt/C	xxx	x	x	-	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	Ap		Bt ₁		Bt ₂		Bt/C		C
Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2
Opac. nat.	+	+++	++	++	++	++	++	+	22
Opac. de Alt.	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	67
Turmalina									1
Circón									3
Granate									50
Rutilo									1
Distena									2
Andalucita									3
Epidota									10
Anfiboles									27
Piroxenos									3
Alteritas	++	++	++	++	+++	+++	+++	+++	

Nota: La escasez de minerales pesados transparentes impidió hacer su contaje.

La fracción ligera está constituida en su mayor parte por granos de cuarzo, casi completamente recubiertos por óxidos de hierro.

Comentarios

Por los caracteres morfológicos se observa que un antiguo suelo rojo de características ácidas fué fosilizado por una capa alóctona de unos 30 cms. de espesor, procedente de arrastres de ladera de zonas de cota más elevada y en la que afloran estratos de cuarcitas; de ahí el carácter eminentemente pedregoso de esta capa alóctona y la forma subredondeada de los cantos de cuarcita. El suelo rojo que actualmente está fosilizado tiene todas las características de intensa desaturación: acidez acentuada, baja saturación de bases y textura arcillosa en la que predomina la caolinita.

Destaca la elevada proporción de hierro libre con respecto al hierro total, superior al 80%, que aunque ya estaba favorecida por la naturaleza del material originario indica un proceso de desintegración química muy intensa e indudablemente impropio con las características climáticas actuales de la región.

De acuerdo con las características morfológicas y los datos analíticos, este suelo puede clasificarse como un antiguo suelo rojo desarrollado a partir de un material pizarroso, que se presenta en la actualidad fosilizado por un sedimento de pendiente, procedente de la erosión de las crestas

cuarcitosas que han dado lugar a la sobreimposición de una capa areno-pedregosa en la que no se observa formación edáfica alguna y que puede interpretarse en la actualidad como una tierra parda meridional. La clasificación de este perfil resulta por lo tanto difícil, porque como el carácter de suelo rojo se presenta a partir de los 30 primeros centímetros y tiene una importancia muy grande en cuanto a la utilización del suelo se refiere, no puede ser olvidado en su clasificación. Por todas estas consideraciones nos inclinamos a dar prioridad al carácter de suelo rojo sobre el de tierra parda meridional aunque ésta esté en superficie.

Este perfil está formado mineralógicamente por materiales en los que predomina los minerales ligeros: cuarzo, algunos feldespatos y moscovitas en el horizonte C.

En la fracción pesada se observa bastante diferencia entre el horizonte C con abundancia de granates y anfíboles y los demás horizontes en los que predominan los opacos de alteración y alteritas derivados seguramente de la pizarra. Los minerales transparentes de la fracción pesada son tan escasos que no se pudo efectuar su contaje, por esta razón únicamente se dan los datos analíticos del horizonte C.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL VI-R

Localidad: Camarma de los Caños (Guadalajara)

Situación: Camino de los Caños a Villanueva de la Torre

Topografía: Llana

Agricultura: Cereal

Material originario: Sedimentos fluviales antiguos. Gravas

Drenaje: Externo e interno, lento

Desarrollo del perfil: Ap/Bt/D_{Ca}

Altitud: 750 m.

<u>Profundidad en cms.</u>	<u>Horizonte</u>	<u>Descripción</u>
0 - 15	Ap	Color pardo amarillento con materia orgánica escasa. Textura limoarenosa, estructura poliédrica angular de desarrollo medio; la consistencia es fuerte y la permeabilidad media. Hay una pequeña porosidad y debido al cultivo y a las lombrices hay mezcla con el horizonte inferior. CO ₃ Ca muy escaso.
15 - 75	Bt	Materia orgánica escasa. El color es rojo oscuro. La tex-

tura es arcillo pedregosa, con cantos rodados muy numerosos y grandes. Estructura poliédrica angular muy desarrollada con películas de "clay-skin" muy desarrolladas; los poliedros son de tamaño muy pequeño debido a la gran cantidad de piedras. La consistencia es muy fuerte y la permeabilidad lenta. CO_3Ca es caso.

75 - 145	D ₁ /Ca	Color ocre amarillento. La textura es arcillo-limosa-pedregosa y la estructura poliédrica de tamaño pequeño. La consistencia fuerte y la permeabilidad varía de media a lenta. Este horizonte es calizo.
145 - 245	D ₂ /Ca	Color blanco amarillento. La textura es areno-arcillo-limosa-pedregosa; la estructura es poliédrica de tamaño muy pequeño; la consistencia y permeabilidad media, existiendo manchas de manganeso en la parte baja de este horizonte. Hay CO_3Ca .
+ 245	D ₃ /Ca	Color gris verdoso. Textura arenosa fina. No tiene estructura, la consistencia es media y la permeabilidad rápida. Este material está cruzado por vetas de CO_3Ca , principalmente horizontales.

ANALISIS MECANICO

Hor.	Ar. Gr. 2-02mm.	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,002	Clas. Text. (Americana)
Ap	9,98	40,54	11,92	37,56	Ac. Ar.
Bt	8,50	14,93	16,31	60,26	Ac.
D ₁ /Ca	51,17	7,88	4,21	36,74	Ac. Ar.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
Ap	1,48	3,28	5,22	15,43	25,11
Bt	2,99	2,67	2,85	6,96	7,96
D ₁ /Ca	14,66	23,32	8,19	4,51	3,37

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
Ap	1,71	7,10	5,85	1,05	1,05	0,064	9,69
Bt	1,09	7,60	6,55	1,05	0,62	0,073	8,49
D ₁ /Ca	8,36	7,80	6,90	0,17	0,10	0,023	4,35

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
Ap	25,81	16,56	3,09	0,12	0,42	7,62	78,2
Bt	37,87	31,56	4,11	0,10	0,35	1,56	95,4
D ₁ /Ca	19,56	18,43	1,65	0,05	0,14	--	100

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total ¹⁰⁰	% Fe ₂ O ₃ Libre % Arcilla ¹⁰⁰	% Fe ₂ O ₃ Total % Arcilla ¹⁰⁰
Ap	1,90	3,33	57,2	5,0	8,86
Bt	3,12	5,47	57,0	5,1	9,07

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
Ap	xx	xxx	x	-	-
Bt	xx	xxx	x	-	-
D ₁ /Ca	xx	xxx	x	-	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	Ap		Bt		D ₁ /Ca	
Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Opac. nat.	+	36	+	32	7	55
Opac. de alt.	+	30	+	35	4	46
Turmalina	++	27	++	24	24	23
Circón	-	8	-	8	-	3
Granate	+	19	.	9	-	2
Rutilo	-	3	-	3	-	1
Anatasa	-	4	-	3	1	3
Estauroлита	<u>+++</u>	30	++	35	63	53
Distena	-	1	-	2	3	2
Andalucita	-	1	-	1	1	1
Silimanita	.	2	-	1	6	4
Epidota-Zoisita	-	5	-	12	1	5
Micas	.	-	-	1	-	3
Clorita	-	-	-	1	1	-
Alteritas	.	10	.	8	6	16

Fracción ligera

Horizonte	Ap		Bt		D ₁ /Ca	
Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Cuarzo %	76	70	27	20	66	77
Feldesp-K %	17	24	10	11	22	12
Feldesp-Ca-Na %	2	5	-	5	9	10
Micas %	-	1	-	2	-	-
Alteritas %	-	-	1	-	-	1
Agregados %	5	-	2	2	3	-

Comentarios

Este perfil está tomado en una de las terrazas altas del río Henares, por lo tanto corresponde a una posición topográfica del Cuaternario medio-superior. El material originario es el sedimento fluvial constituido por gran cantidad de cantos rodados y material detrítico fino.

El conjunto del depósito sufrió en el transcurso del periodo Cuaternario uno o dos procesos de rubefacción simultaneados o precedidos por un lavado de carbonato cálcico de los primeros 75 cms. y su acumulación en forma de nódulos y

de recubrimientos del material pedregoso. El problema principal que se plantea es si la rubefacción fué posterior o no a la deposición del sedimento.

Si la rubefacción hubiese sido anterior a la sedimentación, este suelo procedería de la erosión de los antiguos suelos rojos ácidos que se pudieron formar a finales del Terciario en el borde septentrional de la cuenca del Tajo; la existencia de grandes cantidades de caolinita parece apoyar esta teoría. Si la rubefacción fué posterior a la sedimentación, estaríamos ante un suelo rojo saturado lo que concuerda con las propiedades físico-químicas que presenta, características de éste tipo de suelo. La presencia de caolinita se puede explicar por el supuesto de que estuviera ya en el material depositado, dado que el elevado porcentaje de estaurolita en la fracción pesada demuestra que el suelo no ha sufrido un proceso de desintegración química muy intenso, propio de los suelos rojos ácidos. En efecto, la mineralogía de este suelo es bastante uniforme a lo largo del perfil. La fracción ligera está constituida por cuarzo en asociación con feldespatos potásicos y calcosódicos.

La fracción pesada, formada por estaurolita-turmalina-granate con predominio de la primera, disminuye ligeramente

te al ascender en el perfil, lo cual es lógico al ser la me
nos estable.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL VII - R

Localidad: Ca. de Meco a Alcalá de Henares (Guadalajara)
Situación: Km. 5, junto a la casa de los peones camineros
Topografía: Llana
Agricultura: Cereal
Material originario: Sedimentos fluviales en 2ª terraza
del rio Henares
Drenaje: Externo lento e interno medio
Desarrollo del perfil: A/Bt/Ca/D
Altitud: 630 m.
Vegetación: Matorral de *Thymus vulgaris*

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 5	A ₀	Color pardo oscuro. Textura are- no limosa. Gran abundancia de raíces. La estructura granular a grumosa con muy poco desarro- llo, siendo la consistencia muy débil y la permeabilidad muy rá- pida. Este horizonte posee mu- chos cantos de cuarzo y cuarcita.
5 - 15	A ₁	Color pardo con escasa materia orgánica, pero buena actividad biológica. La textura limo are-

nosa y la estructura poliédrica angular poco desarrollada. La consistencia es débil y la permeabilidad muy rápida. Este horizonte contiene cantos rodados en abundancia de un tamaño aproximado de 2 a 3 cms. En este horizonte y en el superior existe CO_3Ca secundario.

15 - 40	Bt	Escasa materia orgánica. Color rojo vivo y textura arcillosa. La estructura varía de prismática a poliédrica bien desarrollada; la consistencia es fuerte. La permeabilidad media. Presenta películas de "clay-skin" e incluye cantos rodados de cuarcitas en su masa. Este horizonte no da reacción al ClH , mientras que los dos anteriores sí.
40 - 45	Ca_1	Costra laminar blanda de color blanco salmón.
45 - 50	Ca_2	Costra endurecida de color blanco, muy bien desarrollada.
50 - 100	D_1/Ca	Terraza de cantos cementados con costra.

+ 100 D₂ Terraza con los cantos más sueltos, no hay costra.

ANALISIS MECANICO

Sin destruir carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla <0,002	Clas. Text. (Americana)
------	--------------------	----------------------	--------------------	-------------------	----------------------------

A ₁	11,75	52,35	25,64	10,26	Fr. Ar.
----------------	-------	-------	-------	-------	---------

Bt	6,98	15,05	10,07	67,10	Ac.
----	------	-------	-------	-------	-----

costra

Con destrucción de carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla <0,002	Clas. Text. (Americana)
------	--------------------	----------------------	--------------------	-------------------	----------------------------

A ₁	11,92	52,63	23,81	11,44	Fr. Ar.
----------------	-------	-------	-------	-------	---------

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar.M.Gr. 2-1 mm	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
------	--------------------	-----------------	-------------------	--------------------	------------------------

A ₁	1,53	3,92	6,25	22,30	30,05
----------------	------	------	------	-------	-------

Bt	1,15	2,75	3,08	3,14	7,71
----	------	------	------	------	------

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M.O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
A ₁	2,76	7,65	6,80	1,19	0,70	0,077	9,09
Bt	1,00	7,50	6,50	1,39	0,82	0,096	8,54
costra	--	7,90	7,55				

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ka ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
A ₁	19,56	16,25	0,82	0,10	0,24	2,85	89,0
Bt	45,77	34,37	3,03	0,12	0,38	7,85	82,9

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total 100	% Fe ₂ O ₃	
				Libre %Arcilla 100	Total %Arcilla 100
A ₁	1,66	3,49	48,2	16,2	34,01
Bt	3,92	6,91	56,7	5,0	19,29

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	CK	I	M	V	Cl
A ₁	x	xxx	x	-	-
Bt	x	xxx	x	-	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	A ₁		Bt		Costra
Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,05
Opac. nat.	--	46	-	23	13
Opac. de alt.	++	60	+	35	97
Turmalina	++	17	.	32	15
Circón	-	8	-	5	4
Granate	++	24	+	17	23
Rutilo	--	2	-	1	-
Anatasa	--	2	-	1	-
Broquita	-	1	-	-	-
Estauroлита	+++	39	++	35	39
Distena	.	1	-	1	2
Andalucita	-	1	-	1	2
Silimanita	-	1	.	1	-
Epidota-Zoisita	.	4	-	6	5
Micas	.	2	-	2	4
Cloritas	-	-	-	-	8
Alteritas	+	10	.	13	59

Fracción ligera

Horizonte	A ₁		Bt		Costra
Tamaño frac.	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5
en mm.	0,2	0,05	0,2	0,05	0,05
Cuarzo %	72	65	81	74	75
Feldesp-K %	20	13	11	10	15
Feldesp-Ca-Na %	1	16	6	14	1
Micas %	-	1	-	2	7
Alteritas %	2	-	-	-	-
Agregados %	5	-	2	-	2

Comentarios

Este suelo está situado muy cerca del escarpe entre la segunda y tercera terraza del Henares, por ello la erosión ha sido muy intensa, lo que explica la escasa profundidad del perfil. Por debajo de este nivel topográfico ya no se observan suelos rojos en todo el valle del Henares, por lo tanto, es el suelo rojo más joven formado en este valle.

Destaca en el perfil el horizonte de acumulación de carbonato cálcico situado entre los 40 y los 100 cms. de profundidad que no se puede interpretar por un solo fenómeno

edáfico, lo más probable es que haya sido una formación general de superficie que afectó a esta terraza y que cementó la parte superior de los cantos rodados. La costra entre 40 y 45 cms. tiene más sentido edafogenético ya que al ser blanda, tuvo que haberse formado posteriormente a la deposición del material suprayacente, porque en caso contrario hubiese sido arrasada en el momento de la sedimentación.

Como en el perfil anterior, nos encontramos ante el problema de la datación de éstos suelos en relación con la sedimentación de la terraza.

A pesar de su relativa juventud, se trata de un suelo bastante evolucionado ya que presenta un horizonte textural morfológicamente muy desarrollado.

Se trata de un suelo rojo de costra caliza que muestra cierta terrificación en superficie, favorecida extraordinariamente por la influencia antrópica.

La mineralogía de arenas es semejante a la del perfil anterior tanto en especies minerales como en porcentajes. La asociación mineralógica por nosotros obtenida coincide con la que Benayas, Pérez Mateos y Riba (1960) dan al estudiar los sedimentos de la cuenca del Tajo. Los autores atribuyen el

origen de éstos minerales a las cuarcitas, pizarras metamórficas y gneis del sector oriental de la Cordillera Central.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL VIII-R

Localidad: Colmenar de Oreja (Madrid)

Situación: Km. 20,5 de la C^a de Villamanrique a Colmenar

Topografía: Ligeramente ondulada

Agricultura: Pastizal

Material originario: Calizas Pontienses

Drenaje: Externo lento e interno muy lento

Desarrollo del perfil: A/Bt/Bg/C₁/C

Altitud: 950 m.

Vegetación: Encinar

<u>Profundidad</u>	<u>Horizonte</u>	<u>Descripción</u>
0 - 5	A	Color 7,5 YR 4/4. Contenido medio de materia orgánica con restos de hojas y fragmentos de caliza en superficie. La textura es limo-arenosa, la estructura grumosa, la consistencia débil y la permeabilidad rápida.
5 - 35	Bt	Color 2,5 YR 4/4. La materia orgánica es escasa. La textura arcillosa, la estructura es poliédrica subangular presentando películas de "clay-skin". La consistencia es media y la permeabilidad media.

35 - 70	Bg	Color abigarrado y muy pobre en materia orgánica. La textura arcillosa, la estructura poliédrica, la consistencia media y la permeabilidad muy lenta.
70 - 170	C ₁	Está formado por la caliza muy fisurada y con caras de disolución, conteniendo en los intersticios un heterogéneo material de relleno.
+170	C	

ANALISIS MECANICO

Sin destruir carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm.	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,001	Clas. Text. (Americana)
Bt	6,81	25,84	22,93	44,37	Ac.
Bg	7,56	16,53	10,47	65,44	Ac.

Con destrucción de carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm.	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,002	Clas. Text. (Americana)
Bg	6,29	13,36	11,01	69,34	Ac.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
Bt	0,29	1,68	4,34	10,99	14,35
Bg	0,67	2,16	4,73	3,80	7,73

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
Bt	<1	7,45	6,55	1,56	0,92	0,098	9,39
Bg	12	7,70	6,80	1,19	0,70	0,069	10,14

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
Bt	33,29	29,37	1,33	0,13	0,52	6,00	81,8
Bg	34,55	32,50	1,02	0,08	0,25	--	100

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total	100	%Fe ₂ O ₃ Libre %Arcilla	100	%Fe ₂ O ₃ Total %Arcilla	100
Bt	3,10	5,38	57,6		7,0		12,12	
Bg	2,98	5,28	56,4		4,5		8,06	

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

SiO ₂	0,40	CaO	53,83
Al ₂ O ₃	0,68	Na ₂ O	0,46
Fe ₂ O ₃	0,26	K ₂ O	0,20
FeO	0,13	H ₂ O	1,02
MnO	0,004	TiO ₂	0,04
MgO	0,68	P ₂ O ₅	0,03

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
Bt	xx	xxx	-	-	-
Bg	xx	xxx	x	-	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENIA

Fracción pesada

Horizonte	Bt		Bg		Cl	C
Tamaño fracc. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,05	0,5 0,05
Opac. nat.	-	35	-	37	40	++
Opac. de alt.	++	49	++	50	36	++
Turmalina	.	37	++	33	23	++
Circón	-	10	-	11	37	++
Granate	-	8	-	5	5	+
Rutilo	-	6	-	2	2	.
Anatasa	-	3	-	2	1	.
Broquita	-	1	-	1	-	-
Estauroлита	+	25	++	34	29	++
Distena	-	1	-	1	-	-
Andalucita	-	-	.	1	2	.
Silimanita	+	1	-	1	-	-
Epidota-Zoisita	-	3	-	6	1	.
Micas	.	5	.	2	-	-
Cloritas	-	-	.	1	-	-
Alteritas	-	12	.	3	4	+

Fracción ligera

Horizonte

Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,05	0,5 0,05
Cuarzo %	92	83	93	82	83	78
Feldesp-K %	3	6	7	10	14	15
Feldesp-Ca-Na %	5	10	-	3	3	5
Micas %	-	-	-	5	-	-
Agregados %	-	-	-	-	-	-
Alteritas %	-	1	-	-	-	2

Comentarios

Este suelo corresponde a una formación muy general que se observa sobre las calizas pontienses del páramo al-carreño. En su estudio morfológico se observan dos fenómenos edáficos, uno de ellos superficial y que corresponde a la formación de suelo rojo mediterráneo sobre caliza o "terra rossa", que afectó a grandes extensiones de la submeseta española y que se considera como un fenómeno antiguo y el segundo proceso, en profundidad, con formación de un horizonte de pseudo-gley creado por condiciones de satu

ración de humedad en ciertas épocas del año. Ambos fenómenos se desarrollaron independientemente ya que la rubefacción y la pseudo-gleyzación son procesos antagónicos.

Destaca en este perfil el aumento considerable de arcilla en el horizonte Bg, lo que favorece el encharcamiento temporal de este horizonte y que ocasiona también un pequeño aumento en los valores del pH. Los valores de hierro libre con relación $\frac{\text{Fe}^{2+}}{\text{Fe}^{3+}}$ total se mantienen dentro de los normales de este tipo de suelos y se observa una uniformidad en el perfil difícil de explicar ya que las diferencias del potencial redox entre los dos horizontes tiene que ser considerable.

Destaca en este suelo la pureza del material originario, lo que obliga a tener que admitir una gran amplitud en el proceso de disolución de ésta caliza para dar origen a un suelo, todo ello en el supuesto de que el material suprayacente sea totalmente autóctono. Este carácter autócto no hay que admitirlo en una buena proporción ya que en todo el perfil, incluido el horizonte C₁, se presenta la misma asociación mineralógica: estaurolita, turmalina-circón en porcentajes aproximados, que al igual que en los dos perfiles anteriores es la misma que en la llamada provin-

cia de la Alcarria, si bien por hallarse en la facies central evaporítica, los porcentajes difieren ligeramente.

En la fracción ligera de éstas arenas predomina el cuarzo seguido de los feldespatos.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL IX - R

Localidad: Sevilla

Situación: a 5 Km. de Sanlucar la Mayor hacia Sevilla

Topografía: Ondulada

Agricultura: Olivar, viñas y plantales de naranjo

Material originario: Marga muy sabulosa

Drenaje: Bueno

Desarrollo del perfil: Ap/Bt/C

Altitud: 200 m.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 60	Ap	Material coluvial con trozos de nódulos y costras (horizonte carbonatado).
60 - 80	Bt	Color 2,5 YR 4/7. Muy escasa materia orgánica; la textura es arcillosa y la estructura varía de prismática a poliédrica angular muy desarrollada; la consistencia es fuerte y la permeabilidad rápida. No tiene CO_3Ca y los agregados presentan "clay-skin".

80 - 90	Bt/C	Color 2,5 YR 5/6. Textura arcillosa y estructura poliédrica subangular, pero en este horizonte no hay desarrollo de "clay skin". La consistencia es media y la permeabilidad rápida. Contiene CO_3Ca .
+ 90	C	Color 10 YR 6/8. La textura es arcillo-arenosa y la estructura masiva. La consistencia débil y la permeabilidad muy rápida. Contiene también CO_3Ca .

ANALISIS MECANICO

Sin destruir Carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla <0,002	Clas.Text. (Americana)
Bt	0,13	41,03	6,33	52,51	Ac.
Bt/C	6,24	29,93	29,46	34,37	Fr. Ac.
C	5,66	30,22	41,47	22,65	Fr.

Con destrucción de Carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla <0,002	Clas. Text. (Americana)
Bt/C	0,09	40,26	8,53	51,18	Ac.
C	-	46,42	8,04	45,54	Ac. Ar.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
Bt	-	-	0,13	30,93	10,10
Bt/C	0,43	0,83	4,98	17,09	12,84
C	0,53	1,60	3,53	17,83	12,39

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
Bt	-	7,45	6,75	0,73	0,43	0,044	9,77
Bt/C	41,2	7,75	7,05	0,69	0,41	0,040	10,25
C	66,5	7,90	7,25	0,45	0,27	0,029	9,31

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
Bt	36,66	30,12	2,26	0,15	0,26	5,50	89,4
Bt/C	28,33	27,00	1,54	0,21	0,19	-	100
C	25,83	25,12	0,92	0,22	0,06	-	100

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total 100	% Fe ₂ O ₃ Libre % Arcilla 100	% Fe ₂ O ₃ Total % Arcilla 100
Bt	4,03	5,95	67,8	7,6	11,33
Bt/C	2,29	3,56	64,4	6,6	10,35
C	1,09	1,71	63,9	4,8	7,54

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORGINARIO

SiO ₂	.....	18,38	CaO	.....	39,50
Al ₂ O ₃	.....	3,56	Na ₂ O	.....	0,40
Fe ₂ O ₃	.....	1,27	K ₂ O	.....	0,62
FeO	.....	0,18	H ₂ O	.....	3,30
MnO	.....	0,01	TiO ₂	.....	0,21
MgO	.....	0,68	P ₂ O ₅	.....	0,05

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
Bt	x	xxx	xx	-	-
Bt/C	x	xxx	xx	-	-
C	x	xxx	xx	-	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	Bt		Bt/C		C	
	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Opac. nat.	.	83	-	82	.	53
Opac. de alt.	.	49	+	47	+	41
Turmalina	.	12	-	15	.	9
Circón	-	9	-	6	-	3
Granate	-	5	-	8	-	8
Rutilo	-	6	-	3	-	6
Broquita	-	-	-	1	-	-
Estauroлита	-	7	-	2	-	9
Andalucita	-	7	-	4	-	4
Epidota-Zoisita	.	53	-	61	.	59
Anfiboles	-	-	-	-	-	2
Micas	-	1	-	-	.	-
Alteritas	-	11	-	11	.	7

Fracción ligera

Horizonte	Bt		Bt/C		C	
	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2
Tamaño frac. en mm.	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05
Quarzo %	89	85	90	89	91	87
Feldesp-K %	9	11	7	7	7	8
Feldesp-Ca-Na- %	1	2	-	-	1	5
Micas %	1	2	3	4	1	-

Comentarios

Se trata de un suelo parcialmente decapitado y recubierto por un material coluvial de su misma naturaleza de 60 cms. de espesor. Por lo tanto en la interpretación genética de este suelo se empieza a considerar únicamente a partir de los 60 cms.

El material originario consiste en una margu extraordinariamente caliza, el carbonato cálcico se acumula predominantemente en la fracción limo como se deduce al comparar los resultados del análisis mecánico con y sin destrucción de carbonatos. Las propiedades físicas de esta margu son favorables a la permeabilidad, por lo que la formación de un suelo rojo está favorecida, así como el lavado del carbonato

cálcico previo a la rubefacción.

Los caracteres fisico-químicos de este suelo corresponden a la norma general de los suelos rojos mediterráneos desarrollados sobre materiales calizos; destaca el hecho del lavado extraordinario del carbonato cálcico en el horizonte Et con relación al del material originario.

El horizonte Bt/C no lo podemos considerar como de acumulación de carbonato cálcico porque morfológicamente no se observan recristalizaciones o formaciones secundarias del mismo, el lavado de los carbonatos del horizonte Bt se infiltró hacia mayores profundidades favorecido por la permeabilidad del subsuelo, por ello el horizonte entre 30 y 90 cms. se considera como de transición.

El carácter "in situ" de este perfil a partir de los 60 cms. es indudable por lo que constituye un valioso ejemplo en la interpretación de la génesis de estos suelos.

Este carácter "in situ" se corrobora con el análisis mineralógico de las arenas al observarse una gran homogeneidad en todo el perfil, tanto en la fracción ligera como en la pesada. La fracción ligera es eminentemente cuarzosa con

algunos feldespatos y micas y la pesada está constituida por más de un 50% de epidota, acompañada por minerales resistentes y algunos metamórficos.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL X-R

Localidad: Alcalá de Guadaira (Sevilla)
Situación: C^a de circunvalación del pueblo
Topografía: Ondulada
Agricultura: Repoblación de eucaliptos
Material originario: Areniscas del Alcor
Drenaje: Bueno
Desarrollo del perfil: Bt/C
Altitud: 75 m.

<u>Profundidad en cms.</u>	<u>Horizonte</u>	<u>Descripción</u>
0 - 50	Bt ₁	Color 10 R 4/6. La textura es areno arcillosa y la estructura varía de masiva a poliédrica subangular. La consistencia es muy débil y la permeabilidad muy rápida. No hay materia orgánica.
50 - 85	Bt ₂	Color 10 R 4/6. La textura y la estructura son iguales que en el anterior pero ésta segunda es algo más desarrollada. La consistencia es débil y la permeabilidad muy rápida. El contacto de este horizonte con la arenisca no presenta un límite claro, si

no que tiene oquedades y además es ondulado.

+85

Arenisca caliza de grano grueso.

ANALISIS MECANICO

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm.	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,002	Clas. Text. (Americana)
Bt ₁	55,43	19,32	5,05	20,20	Fr. Ac. Ar.
Bt ₂	45,54	25,97	2,54	25,95	Fr. Ac. Ar.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
Bt ₁	0,58	6,36	47,99	17,08	2,24
Bt ₂	0,78	5,92	38,84	24,58	1,39

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
Bt ₁	-	7,60	6,65	0,39	0,23	0,034	6,76
Bt ₂	-	7,23	6,10	0,24	0,14	0,030	4,67

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
Bt ₁	15,00	10,35	1,54	0,05	0,12	4,20	80,00
Bt ₂	17,50	10,87	1,54	0,13	0,06	6,50	72,00

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total ¹⁰⁰ %	% Fe ₂ O ₃ Libre % Arcilla ¹⁰⁰	% Fe ₂ O ₃ Total % Arcilla ¹⁰⁰
Bt ₁	3,68	4,48	82,2	18,2	22,17
Bt ₂	4,49	5,30	84,7	17,3	20,42

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

SiO ₂	.....	15,20	CaO	.....	44,02
Al ₂ O ₃	.....	1,37	Na ₂ O	.....	0,26
Fe ₂ O ₃	.....	1,02	K ₂ O	.....	0,18
FeO	.....	0,14	H ₂ O	.....	0,32
MnO	.....	0,01	TiO ₂	.....	0,06
MgO	.....	1,10	P ₂ O ₅	.....	0,15

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
Bt ₁	xxx	xx	x	x	-
Bt ₂	xxx	xx	x	x	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	Bt ₁		Bt ₂		C
	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	
Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,05
Opac. nat.	+++	165	+	126	+
Opac. de alt.	+++	119	+++	223	+++
Turmalina	+	15	.	10	+
Circón	+	27	-	30	.
Grante	+	20	.	22	+
Rutilo	.	11	.	6	.
Estauroлита	.	7	.	4	.
Distena	-	-	.	1	.
Andalucita	-	4	.	6	+
Silimanita	-	3	-	-	-
Epidota-Zoisita	.	11	.	13	.
Anfiboles	-	-	-	2	-
Micas	.	-	-	-	.
Cleritas	-	1	-	1	-
Carbonatos	-	1			
Alteritas	.	5	.	10	.

Nota: La fracción ligera está formada prácticamente por cuarzo con predominio de formas redondeadas.

Comentarios

Este suelo constituye un caso extremo de formación de suelo rojo sobre material arenoso, las propiedades físicas del material originario son todavía más favorables, en cuanto a permeabilidad se refiere, que en el perfil anterior.

El carácter autóctono de este suelo es indudable atendiendo especialmente a su posición topográfica, a parte de otras consideraciones de tipo mineralógico que se verán en el correspondiente comentario. Muy probablemente el contacto entre el horizonte Bt_2 y el C se ha visto alterado debido a la facilidad con que este material se erosiona y transporta; falta como casi siempre, el horizonte original de materia orgánica y en cuanto a los horizontes minerales, no se han reconocido "de visu" revestimientos de arcilla en las unidades estructurales, por lo que estos horizontes parecen corresponder al tipo estructural o cámbico, impropios de los suelos que han sufrido el proceso de la rubefacción; sin embargo, observados al microscopio se aprecian los "clay-skin".

Destaca el elevado porcentaje de hierro libre con relación al total, al compararlo con otros suelos análogos y

también la escasísima cantidad de limo en relación con las otras fracciones, lo que demuestra que la alteración de los minerales susceptibles de generar arcilla ha sido completa.

La influencia humana en este suelo ha sido muy importante y ha dificultado mucho la localización de un perfil que muestre caracteres parcialmente originales.

El análisis mineralógico de las arenas muestra una gran homogeneidad tanto en la fracción ligera como en la pesada. La primera está formada casi exclusivamente por cuarzo, y en la pesada dominan los opacos naturales y de alteración. Entre los transparentes predominan los resistentes comunes.

Esta homogeneidad en todo el perfil, corrobora el carácter autóctono de éste suelo.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL XI-R

Localidad: Puebla de los Infantes (Sevilla)

Situación: C^a de la Puebla a Peñaflor

Topografía: Abrupta

Material originario: Calizas kársticas muy agrietadas

Drenaje: Bueno

Desarrollo del perfil: Bt/C

Altitud: 750 m.

Vegetación: Encinar

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 10	Bt ₁	Color 2,5 YR 3/6. Contiene abundante materia orgánica, la <u>textu</u> ra arcillo-limosa. La estructura poliédrica angular fina e <u>indivi</u> dualizada en pequeños poliedros muy bien definidos cuando se se- paran, si no formarían una masa indiferenciada. La consistencia es suelta y la permeabilidad muy buena y de débil reacción al ClH.
10- 50	C	Caliza pura con formas típicas de disolución. Agrietadas.

+50 Bt₂ Color 2,5 YR 4/6. No hay materia orgánica. La textura es arcillosa y la estructura es poliédrica angular y muy individualizada también. La consistencia es media y la permeabilidad es buena. No tiene CO₃Ca. Material de relleno de una grieta del horizonte C.

ANALISIS MECANICO

Sin destruir Carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm.	Ar. Fina ,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,002	Clas. Text. (Americana)
Bt ₁	3,65	22,46	27,73	46,13	Ac. L.
Bt ₂	1,81	26,37	20,93	50,39	Ac.

Con destrucción de Carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm.	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,002	Clas. Text. (Americana)
Bt ₁	1,39	29,57	35,47	33,57	Fr. Ac. L.

Fraccionamiento de arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,002
Bt ₁	1,20	1,31	1,14	8,63	13,83
Bt ₂	0,25	0,51	1,05	11,22	15,65

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
Bt ₁	6,65	7,78	7,0	7,29	4,29	0,337	12,73
Bt ₂		7,45	6,30	0,86	0,51	0,071	7,18

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g

Hor.	Cap.Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
Bt ₁	50,83	41,87	1,95	0,02	0,51	6,80	87,2
Bt ₂	33,33	22,00	1,03	0,03	0,11	10,50	69,5

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total 100	% Fe ₂ O ₃	
				Libre %Arcilla 100	Total %Arcilla 100
Bt ₁	5,74	7,63	75,2	12,4	16,54
Bt ₂	7,43	9,82	85,6	14,7	19,48

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

SiO ₂	2,16	CaO	50,02
Al ₂ O ₃	0,89	Na ₂ O	0,35
Fe ₂ O ₃	0,56	K ₂ O	0,14
FeO	0,21	H ₂ O	0,20
MnO	0,02	TiO ₂	0,04
MgO	2,72	P ₂ O ₅	0,10

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
Bt ₁	xxx	xx	-	x	-
Bt ₂	xxx	xx	-	x	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	Bt ₁		Bt ₂	
Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Opac. naturales	+++	175	+++	122
Opac. de alteración	+++	42	+++	18
Turmalina	-	-	-	2
Circón	-	4	-	3
Granate	-	6	-	5
Rutilo	.	3	-	5
Andalucita	-	2	-	-
Epidota	+	81	+	79
Anfiboles	.	2	.	2
Micas	.	1	-	2
Cloritas	-	1	-	-
Cloritoides	-	-	-	2
Alteritas	++	5	+	-

Fracción ligera

Horizonte	Bt ₁		Bt ₂	
	0,5	0,2	0,5	0,2
Tamaño frac. en mm.	0,2	0,05	0,2	0,05
Cuarzo %	87	77	93	86
Feldesp-K %	2	2	2	2
Feldesp-Ca-Na %	1	18	1	10
Micas %	6	3	4	2
Agregados %	4	-	-	-

Comentarios

Por la naturaleza fisiográfica y litológica, este perfil es muy complejo y heterogeneo ya que el horizonte Bt₁ está en superficie debido a la erosión que arrastró el horizonte de humus y el horizonte Bt₂ es un material de relleno de las oquedades y diaclasa de la caliza. En un conjunto puede considerarse como típico de un perfil de terra rossa, ya que por la naturaleza del material originario y la facilidad de erosión siempre se presenta de esta forma. Destaca la descarbonatación del suelo frente a la roca madre, constituida por una caliza muy pura y también el comienzo de un proceso de desaturación del complejo de cambio que contrasta con los valores elevados del pH netamente superiores a 7.

La mineralogía de las arenas muestra una gran concordancia entre los horizontes Bt_1 y Bt_2 . La fracción ligera es cuarzosa, dominando entre los feldespatos los calcosódicos. En la fracción pesada hay predominio de opacos naturales entre los cuales se identifica la magnetita, a veces en octaedros y entre los transparentes domina la epidota bastante alterada en general.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL XII - R

Localidad: Santa Cruz de Mudela (Ciudad Real)

Situación: Frente a la casilla de pecnes camineros de la
Ca. general

Topografía: Fuertemente alomada

Agricultura: Cereal y monte bajo

Material originario: Pizarras

Drenaje: Lento

Desarrollo del perfil: A/Bt/Ca/C

Altitud: 900 m.

Vegetación: Monte bajo de encinar y jara

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 20	A	Color 5YR 4/8. La materia orgánica es escasa y la textura arcillosa. La estructura varía de prismática poco desarrollada a poliédrica gruesa. La consistencia es fuerte y la permeabilidad es buena.
20 - 50	Bt	Color 2,5 YR 3/6. Escasa materia orgánica, la textura es arcillosa. La estructura es prismática bien desarrollada que se desmorona en poliédros pequeños, los "clay-skin"

están bien desarrollados. La consistencia es media y la permeabilidad lenta.

50 - 100	Bt/Ca	Color 2,5 YR 3/6. La textura es arcillosa y la estructura granular suelta. La consistencia es débil y la permeabilidad buena.
100 - 150	C ₁ /Ca	Color 2,5 YR 4/6. Pizarra muy alterada con limo rojo, carbonatos y nódulos.
+ 150	C/Ca	Pizarra con su estructura característica, pero con CO ₃ Ca en los intersticios.

ANALISIS MECANICO

Sin destruir carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla <0,002	Clas. Text. (Americana)
A	8,44	36,85	11,05	43,66	Ac.
Bt	4,58	11,2	6,61	77,49	Ac.
Bt/Ca	10,80	12,12	13,54	63,54	Ac.
C ₁ /Ca	20,09	20,80	17,48	41,64	Ac.

Con destrucción de Carbonatos

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla <0,002	Clas. Text. (Americana)
Bt/Ca	7,08	8,17	7,24	77,51	Ac.
C ₁ /Ca	11,11	5,96	16,26	66,67	Ac.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
A	1,01	2,88	4,55	25,31	11,54
Bt	0,38	1,86	2,34	8,21	2,91
Bt/Ca	2,28	4,78	3,74	6,82	5,30
C ₁ /Ca	4,86	9,04	6,19	9,15	11,65

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	ClK				
A	1,00	7,80	7,00	1,02	0,60	0,109	5,50
Bt	1,00	7,80	6,85	1,15	0,68	0,085	8,00
Bt/Ca	21,17	7,85	7,00	1,69	0,99	0,107	9,25
C ₁ /Ca	34,71	7,85	7,00	1,50	0,88	0,105	8,38

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
A	28,33	22,75	2,05	0,02	0,62	5,50	89,8
Bt	39,17	32,55	2,57	0,08	0,25	4,30	90,5
Bt/Ca	30,83	30,75	2,05	0,05	0,22	-	100
C ₁ /Ca	29,17	28,00	1,75	0,03	0,15	-	100

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total ¹⁰⁰	%Fe ₂ O ₃ Libre %Arcilla ¹⁰⁰	%Fe ₂ O ₃ Total %Arcilla ¹⁰⁰
A	4,58	6,41	71,4	10,5	14,63
Bt	5,86	8,00	73,2	7,5	10,32
Bt/Ca	4,85	6,94	69,9	7,6	10,92
C ₁ /Ca	4,01	6,06	66,1	9,6	14,55

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

SiO ₂	60,18	CaO	0,86
Al ₂ O ₃	22,47	Na ₂ O	0,40
Fe ₂ O ₃	1,71	K ₂ O	2,35
FeO	0,28	H ₂ O	6,09
MnO	0,006	TiO ₂	1,30
MgO	2,37	P ₂ O ₅	0,13

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
A	xx	xxx	x	-	-
Bt	xx	xxx	x	-	-
Bt/Ca	xx	xxx	-	-	-
C ₁ /Ca	xx	xxx	-	-	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	A		Bt		Bt/Ca		C ₁ /Ca		C/Ca
Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,05
Opac. nat.	+	50	.	52	-	+	.	+	12
Opac. de alt.	+++	152	+++	598	+++	++	+++	+++	657
Turmalina	-	33	-	44	-	+	-	.	26
Circón	-	23	-	32	-	+	-	.	38
Granate	-	-	-	1	-	-	-	-	2
Rutilo	-	18	-	20	-	+	-	-	4
Estaurolita	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Epidota-Zoisita	-	5	-	1	-	.	-	.	2
Anfiboles	-	-	-	1	-	-	-	-	7
Piroxenos	-	13	-	-	-	-	-	-	7
Micas	-	2	-	-	-	-	-	.	4
Cloritas	-	5	-	1	-	.	-	.	2
Carbonatos	-	1	-	-	-	.	-	-	1
Aglomerados	+	200	++	261	+	+++	++	++	360

Fracción ligera

Horizonte	A		Bt		Bt/Ca		C ₁ /Ca		C/Ca
Tamaño frac. en mm.	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5
	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05	0,05
Cuarzo %	99	100	100	100	31	86	2	35	-
Feldes-p-K %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feldes-p-Ca-Na %	.	-	-	-	-	-	-	-	-
Micas %	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Agregados %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aglomerados %	-	-	-	-	69	14	98	65	100

Comentarios

Morfológicamente destacan en este perfil dos procesos edáficos que están muy relacionados: el primero es la formación de un horizonte B textural con características muy específicas de este tipo de horizonte, y el segundo la aparición de un horizonte de formación y acumulación de carbonato cálcico en forma de nódulos.

Destaca en el horizonte Bt el extraordinario desarrollo de su estructura y la presencia de abundantes revestimientos de arcilla sobre las unidades estructurales. El carácter arcilloso de éste horizonte se puede atribuir a la

arcilla heredada del material originario que es de su misma naturaleza. Resalta la elevada proporción de esta fracción con la ausencia del limo y el elevado valor del pH, no muy de acuerdo con el 90% del grado de saturación.

De gran interés en este perfil es la presencia de un horizonte de acumulación de carbonato cálcico sobre cuyo origen caben dos interpretaciones: La primera consiste en asignarle un origen autóctono y primario debido a la alteración de la pizarra y la segunda es de que se trata de un CaCO_3 secundario por impregnación en profundidad de aguas cargadas con esta sal. Indudablemente la naturaleza del precipitado de CaCO_3 en forma de nódulos indica un mecanismo relacionado con el hidromorfismo, pero esto no avala por completo la segunda posibilidad.

La mineralogía de la fracción arena acusa la abundancia de aglomerados tanto en la fracción pesada como en la ligera de los horizontes más profundos juntamente con minerales de alteración. Estos aglomerados al disgregarse se individualizan en granos de cuarzo y mica, los de la fracción ligera y en los minerales resistentes comunes en la fracción pesada. El tamaño de los minerales obtenidos al disgregar los aglomerados es del orden de los encontrados en los hori

zontes Bt/Ca y C₁/Ca y menores que los encontrados en los horizontes A y Bt, los que creemos tengan un caracter alóctono; refuerza ésto la presencia de minerales propios de rocas volcánicas, piroxenos y anfíboles en estos horizontes.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL XIII-P

Localidad: Sierra de Gredos (Avila)

Situación: Ramacastañas

Topografía: Abrupta

Agricultura: Ninguna

Material originario: Estrato cristalino

Drenaje: Exterior muy rápido; interior medio

Desarrollo del perfil: Bt/C

Altitud: 800 m.

Vegetación: Pinar (Pinus-pinaster)

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 15	Bt/C	Horizonte de transición entre el Bt que ha sido arrastrado por la erosión y el material originario. Conserva la estructura de este último.
15	C	Estrato cristalino muy alterado.

ANALISIS MECANICO

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm.	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,002	Clas. Text. (Americana)
Bt/C	8,83	49,44	15,91	25,82	F. Ac.Ar.
C ₁	17,29	55,44	12,80	14,51	F. Ar.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
Bt/C	0,37	1,73	6,73	39,34	10,10
C ₁	0,19	1,72	15,33	44,95	10,45

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
Bt/C	-	5,30	3,98	0,80	0,47	0,049	9,59
C ₁	-	5,45	4,08	2,95	1,74	0,135	12,89

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
Bt/C	20,00	2,50	5,14	0,14	0,15	12,10	39,65
C ₁	12,50	1,25	3,08	0,19	0,12	3,80	37,04

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	$\frac{\text{Libre}}{\text{Total}} \cdot 100$	$\frac{\% \text{ Fe}_2\text{O}_3 \text{ Libre}}{\% \text{ Arcilla}} \cdot 100$	$\frac{\% \text{ Fe}_2\text{O}_3 \text{ Total}}{\% \text{ Arcilla}} \cdot 100$
Bt/C	4,92	7,36	66,8	19,0	28,50
C ₁	3,45	6,11	56,6	23,7	42,10

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

SiO ₂	.....	61,45	CaO	.....	1,68
Al ₂ O ₃	.....	17,32	Na ₂ O	.....	0,20
Fe ₂ O ₃	.....	6,30	K ₂ O	.....	4,16
FeO	.....	0,41	H ₂ O	.....	6,05
MnO	.....	0,06	TiO ₂	.....	0,61
MgO	.....	2,25	P ₂ O ₅	.....	0,13

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
Bt/C	xxx	xx	-	xx	-
C ₁	xxx	xx	-	xx	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	Bt/C		C ₁	
	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Tamaño frac. en mm.				
Opac. nat.	.	4	.	2
Opac. de alt.	+	1	.	10
Turmalina	+	34	++	30
Granate	-	1	-	-
Rutilo	-	59	.	49
Epidota-Zoisita	-	1	-	-
Micas	.	5	+	21
Alteritas	+++	134	+++	40

Fracción ligera

Horizonte	Bt/C		C ₁	
	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Tamaño frac. en mm.				
Cuarzo %	56	42	37	30
Feldesp-K %	1	1	1	7
Feldesp-Ca-Na %	1	-	2	-
Micas %	35	55	48	62
Agregados %	5	-	5	-
Alteritas %	2	2	7	1

Comentarios

Por las condiciones topográficas y la influencia antrópica el suelo ha sido arrastrado por la erosión, quedando únicamente el horizonte de transición hacia el material originario, que conserva la estructura de éste y en el que se observan vestigios de una intensa rubefacción.

Este proceso se observa incluso en el horizonte C₁, en el que la alteración del estrato cristalino ha sido muy intensa. Aunque intensamente decapitado ha sido tomado este perfil porque ofrece un indudable interés ya que suelos que hayan sufrido rubefacción sobre materiales geológicos de naturaleza silícea distintos a las pizarras y esquistos, son raros en España y casi desconocidos en otros países.

La mineralogía de las arenas indican también la alteración del horizonte Bt/C por la relativa disminución de las micas y aumento del contenido en cuarzo en la fracción ligera y también por el aumento de alteritas y disminución de micas en la fracción pesada. En esta fracción los minerales transparentes están casi íntegramente constituidos por la asociación rutilo-turmalina característica de los gneis.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL XIV-R

Localidad: El Arenal (Avila)

Situación: Entre el Hornillo y el Arenal

Topografía: Abrupta

Material originario: Roca intrusiva básica

Drenaje: Externo muy rápido e interno bueno

Desarrollo del perfil: Suelo fosilizado de perfil Bt/C

Altitud: 800 m.

Vegetación: Matorral y Pinus silvestris

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 50	A	10 YR 4/2 en húmedo. Materia orgánica abundante. La textura es limo arenosa y la estructura grumosa bien desarrollada. Consistencia débil y permeabilidad muy rápida. Fuertemente enraizado con abundante canturral. No hay presencia de CO ₃ Ca.
50 - 100	C ₁	Color 10 YR 5/4 en húmedo. Con escasa materia orgánica. La textura es areno limosa y la estructura grumosa poco desarrollada. La consistencia es débil y la permeabilidad muy rápida.

100 - 250	II Bt	Color 2,5 YR 4/6 en húmedo. Sin materia orgánica. La textura es limosa y la estructura poliédrica subangular poco desarrollada. La consistencia varía de débil a media y la permeabilidad es rápida. Incluye pequeños bolos del material originario no alterado.
+250	II Bt/C ₁	Color 5 YR 5/6 en húmedo. La textura es arenosa limosa y la estructura masiva. Es un horizonte más bien amarillento, y con más minerales (mica, etc.) que el superior. Se encuentran restos o pequeñas inclusiones de la diorita sin alterar y en las caras hay "clay-skin" rojos muy bien desarrollados.

ANALISIS MECANICO

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm.	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,002	Clas. Text. (Americana)
A	23,94	39,87	21,35	14,84	F.
C ₁	37,25	31,37	17,49	13,89	F. Ar.
IIBt	7,36	37,79	30,79	24,83	F. L.
IIBt/C ₁	9,83	45,68	24,10	20,39	F.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
A	2,15	7,15	14,64	24,26	15,61
C ₁	6,47	17,06	13,72	21,41	9,96
IIBt	0,25	1,70	5,41	17,64	19,38
IIBtC ₁	0,08	1,70	8,05	26,85	18,83

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
A	-	5,97	4,77	4,01	2,36	0,127	19,11
C ₁	-	5,50	4,23	0,44	0,26	0,023	11,30
IIBt	-	5,24	3,92	0,42	0,25	0,021	11,90
IIBt/C ₁	-	5,57	3,53	0,17	0,10	0,014	7,14

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
A	23,00	3,12	2,16	0,25	0,33	17,25	25,48
C ₁	13,25	0,94	1,54	0,17	0,40	10,80	23,03
IIBt	17,50	2,50	2,26	0,41	0,34	13,00	31,48
IIBt/C ₁	27,50	7,50	8,43	0,52	0,03	11,00	59,92

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total ¹⁰⁰	% Fe ₂ O ₃ Libre % Arcilla ¹⁰⁰	% Fe ₂ O ₃ Total % Arcilla ¹⁰⁰
A	1,73	6,08	28,5	11,6	40,97
C ₁	1,45	4,94	29,3	10,4	35,56
IIBt	4,13	9,19	45,0	16,6	37,01
IIBt/C ₁	3,62	8,09	44,7	17,7	39,67

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

SiO ₂	.....	55,45	CaO	.....	4,48
Al ₂ O ₃	.....	15,54	Na ₂ O	.....	2,05
Fe ₂ O ₃	.....	1,51	K ₂ O	.....	1,72
FeO	.....	7,10	H ₂ O	.....	3,76
MnO	.....	0,16	TiO ₂	.....	1,25
MgO	.....	6,27	P ₂ O ₅	.....	0,13

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
A	xxx	x	-	x	-
C ₁	xxx	x	-	x	-
IIBt	xxx	x	x	x	-
IIBt/C ₁	xxx	x	x	x	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	A		C ₁		IIBt		IIBt/C ₁	
Tamaño frac. en mm.	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2
	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05
Opac. nat.	10	8	7	15	4	27	3	17
Opac. de alt.	1	-	-	2	-	1	3	4
Turmalina	2	-	10	10	-	-	-	1
Circón	-	1	-	1	-	1	-	-
Epidota	-	-	-	2	-	-	-	-
Anfiboles	96	96	60	92	98	92	96	99
Piroxenos	1	2	1	1	1	2	-	-
Micas	1	1	26	4	1	5	4	-
Cloritas	-	-	3	-	-	1	-	-
Alteritas	7	2	17	3	19	4	5	3

Fracción ligera

Horizonte	A		C ₁		IIBt		IIBt/C ₁	
Tamaño frac. en mm.	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2
	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05
Cuarzo %	36	41	35	38	23	39	8	17
Feldesp-K %	10	5	5	7	3	3	6	1
Feldesp-Ca-Na %	4	12	10	9	-	-	-	-
Micas %	44	39	41	38	66	57	76	78
Agregados %	2	-	1	-	-	-	2	1
Alteritas %	4	3	8	8	8	1	8	3

Comentarios

El interés de este perfil radica en la presencia de un potente horizonte textural que ha sufrido intensa rubefacción y que está situado entre los 100 y 250 cms. Por las características topográficas todo el material de este perfil ha sufrido un arrastre de ladera y acumulación de materiales, como consecuencia del mismo, en todos los horizontes. Considerando este suelo de abajo hacia arriba, se puede interpretar como un antiguo suelo rojo ácido que se desarrolló sobre una roca intrusiva básica, habiendo sufrido un intenso proceso de rubefacción. Aunque el lavado de las bases en este horizonte ha sido muy intenso, la alteración química es muy pequeña y se puede reconocer "de visu", principalmente micas, sin alterar. El espesor tan grande de este horizonte solo es explicable por una acumulación en la base de la ladera donde está situado.

Fosilizando este suelo y con una transición muy abrupta se presenta una capa alóctona constituida por un pedregal de la misma naturaleza que la roca subyacente y que corresponde a un proceso erosivo general posterior a la rubefacción. Sobre este material, por lo muy heterogéneo que es por el arrastre de la ladera y por la topografía abrupta, se ha desa

rrollado un suelo de tipo ranker cuya evolución está impedida por las anteriores características. En conjunto se interpreta este perfil como poligenético actuando en cierto modo el antiguo suelo rojo como material originario del ranker. La diversidad de los procesos edáficos que se pueden examinar en este perfil, se destaca claramente al comparar los valores del hierro libre entre los horizontes del suelo rojo y los del ranker, como así mismo la relación de hierro libre a total.

También la mineralogía de las arenas nos muestra la poligénesis de este perfil formado a partir de un mismo material: granodiorita. El suelo rojo tiene su fracción ligera constituida principalmente por biotita, acompañada de cuarzo y escasos feldespatos potásicos, mientras que en el ranker se equiparan las micas y el cuarzo y aparecen apreciable cantidad de feldespatos calco-sódicos.

La fracción pesada, con predominio absoluto de anfíboles en ambos suelos muestran la naturaleza común de ambos, así como la poca alteración sufrida, ya que los anfíboles son minerales relativamente poco estables.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL XV - R

Situación: Entre Arenas de S. Pedro y el arroyo Pelayos (Avila)

Topografía: Abrupta

Material originario: Pizarra

Drenaje: Bueno

Desarrollo del perfil: A/Bt/C

Altitud: 500 m.

Vegetación: Helecho y pinar

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 25	A	Color 10 YR 3/3 en húmedo. Materia orgánica media. La textura es arenosa y limosa y la estructura granulosa muy bien desarrollada. La consistencia es débil y la permeabilidad muy rápida. Hay muchas raíces y gran actividad biológica. Debe ser un horizonte algo ácido, pues hay granos decolorados.
25 - 35	ABt	Color 5 YR 4/6 en húmedo. Materia orgánica escasa. La textura es limosa y arenosa y la estructura granulosa. La consistencia es débil y la permeabilidad muy rápida. Con relación al horizonte inferior está decolorado.

- 35 - 110 Bt Color 2,5 YR y 10 R 4/8 en húmedo. Sin materia orgánica. La textura es arcillo arenosa y la estructura poliédrica subangular poco desarrollada. La consistencia es media y la permeabilidad es rápida. Existen "clay-skin" aunque no muy marcados y de un color más claro que la matriz del suelo. Dentro de este horizonte se observan restos de pizarra muy alterada.
- + 110 Bt/C Color abigarrado pues es el de la pizarra y en sus grietas hay material rubificado; la pizarra es facilmente deleznable, indicando una fuerte descomposición física.

ANALISIS MECANICO

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla <0,002	Clas. Text. (Americana)
A	16,37	50,08	19,22	14,33	F. Ar.
ABt	20,97	44,23	17,02	17,78	F. Ar.
Bt	17,50	37,17	14,48	30,85	F. Ac. Ar.
BtC	24,02	34,11	15,32	26,55	F. Ac. Ar.
C	21,60	36,02	14,97	27,41	F. Ac. Ar.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
A	0,99	3,69	11,69	37,70	12,38
ABt	1,20	4,72	15,05	32,84	11,39
Bt	0,50	2,95	14,05	28,43	8,74
BtC	0,80	7,86	15,36	23,59	10,52
C	0,45	5,97	15,18	25,86	10,16

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
A	-	6,20	4,93	1,56	0,92	0,106	8,68
ABt	-	5,90	4,63	0,30	0,18	0,024	7,50
Bt	-	6,08	4,86	0,10	0,06	0,016	3,75
BtC	-	5,58	4,05	0,20	0,12	0,022	5,45
C	-	5,50	4,07	0,42	0,25	0,032	7,81

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
A	17,00	12,81	1,64	0,28	0,29	12,50	23,41
ABt	13,25	1,56	2,36	0,12	0,21	9,00	32,07
Bt	16,00	2,87	3,29	0,14	0,22	9,20	40,75
BtC	15,62	1,62	2,74	0,14	0,06	10,30	29,23
C	16,50	1,56	2,67	0,14	0,07	12,00	26,91

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total	% Fe ₂ O ₃ Libre %Arcilla	% Fe ₂ O ₃ Libre %Arcilla
A	3,24	5,96	54,3	22,6	41,59
ABt	3,88	5,51	70,4	21,9	30,98
Bt	6,64	8,14	81,5	21,5	26,38
BtC	4,91	5,43	90,4	18,5	20,45
C	5,00	5,95	84,3	18,2	21,70

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

SiO ₂	66,73	CaO	0,56
Al ₂ O ₃	15,03	Na ₂ O	0,60
Fe ₂ O ₃	6,55	K ₂ O	2,50
FeO	0,51	H ₂ O	4,40
MnO	0,01	TiO ₂	0,65
MgO	1,05	P ₂ O ₅	0,23

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
A	xxx	x	x	xx	-
ABt	xxx	x	x	xx	-
Bt	xxx	x	x	xx	-
BtC	xxx	x	-	x	-
C	xxx	x	-	x	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	A		ABt		Bt		B/C		C	
Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Opac. nat.	2	6	2	13	-	1	-	.	.	-
Opac. de alt.10	13		13	15	3	8	.	.	.	114
Turmalina	16	42	44	59	94	97	+	+++	+	81
Circón	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-
Granate	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-
Rutilo	-	-	1	-	-	-	-	.	-	-
Anatasa	-	-	-	1	-	-	-	.	-	-
Estaurolita	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-
Andalucita	57	44	46	37	2	1	.	.	.	5
Silimanita	9	4	5	1	-	-	-	.	-	-
Anfiboles	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Piroxenos	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Micas	12	4	3	1	2	1	.	.	.	9
Cloritas	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Alteritas	14	3	5	1	8		+++	+++	+++	88

Fracción ligera

Horizonte	A		ABt		Bt		Bt/C		C	
Tamaño frac. en mm.	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2
	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05
Cuarzo %	44	42	62	73	65	53	48	26	54	26
Feldesp-K %	3	3	1	3	2	1	-	-	-	-
Feldesp-Ca-Na%	4	4	7	-	4	-	-	-	-	-
Micas %	44	49	21	18	12	45	23	71	19	67
Agregados %	2	-	8	3	16	-	23	3	26	3
Alteritas %	3	2	2	4	1	1	6	-	1	4

Comentarios

Este perfil es muy representativo de formaciones edáficas forestales sobre materiales pizarrosos blandos que se meteorizan con facilidad y originan suelos de una profundidad poco frecuente, teniendo en cuenta las condiciones topográficas. Es necesario considerar en la interpretación de este suelo el historial del mismo ya que la implantación del pinar, ocasionó, una ruptura del equilibrio biológico persistente, una erosión de los horizontes superiores y un transporte y sobreimpresión de los materiales frescos de cota elevada a los horizontes subsuperficiales que no se vieron afectados por estos fenómenos.

Esto parece confirmarlo la mineralogía de las arenas. En efecto, la fracción ligera presenta una asociación cuarzo moscovita bastante homogénea a lo largo del perfil. En cambio en la fracción pesada se observa una acumulación de andalu lucita en los horizontes superficiales.

También es preciso tener en cuenta que una vez formado el perfil los procesos edáficos han continuado afectando los mismos a todo su conjunto, homogeneizándolo.

El proceso edáfico fundamental en este suelo es el de la rubefacción, este proceso se ha verificado con rapidez, ya que las condiciones mineralógicas del material originario lo han permitido; efectivamente, destaca en el horizonte C la gran proporción de hierro libre en relación con el total, ocasionada probablemente por unas condiciones estacionales de cierto hidromorfismo que facilitan la movilización de este elemento. Destaca también el aumento relativamente considera ble del grado de saturación del horizonte Bt con relación al C, esto sólo puede ser explicado por la actividad biológica y el aporte del calcio movilizado por la vegetación que lo toma a cierta profundidad.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL XVI - R

Localidad: Cerca de Poyales, Km. 11 (Avila)

Situación: Km. 11 de la C^a de Arenas de S. Pedro

Topografía: Abrupta

Material originario: Granito físicamente muy descompuesto

Drenaje: Bueno

Desarrollo del perfil: A/Bt/C

Altitud: 600 m.

Vegetación: Repoblación de pinar

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 5	A ₀	Color 10 YR 4/4 con bastante materia orgánica. La textura es arenosa y la estructura es en grumos de pequeño tamaño. La consistencia es débil y la permeabilidad buena.
5 - 25	A ₁	Color 7,5 YR 4/4 con escasa materia orgánica. La textura es arenosa y la estructura poliedrica muy poco desarrollada. La consistencia es débil y la permeabilidad buena.
25 - 65	Bt	Color 2,5 YR 4/8. La textura es limo arenosa. La estructura es po

liédrica medio desarrollada. La consistencia es media y la permeabilidad buena.

65 - 80	Bt/C	Color abigarrado y de textura limo arenosa gruesa. La estructura es en bloques poco desarrollados. La consistencia es muy fuerte y la permeabilidad buena.
+80	C	Granito descompuesto.

ANALISIS MECANICO

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm.	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,002	Clas. Text. (Americana)
Ao	36,36	35,68	17,91	10,05	F. Ar.
A ₁	39,49	30,15	17,86	12,50	F. Ar.
Bt	33,89	28,80	18,91	18,40	F. Ar.
Bt/C	39,20	30,98	21,16	8,66	F. Ar.
C	43,72	34,67	13,32	8,29	F. Ar.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
Ao	5,12	15,58	16,06	25,09	10,59
A ₁	5,25	17,50	16,74	19,59	10,56
Bt	5,63	14,77	13,49	20,66	8,14
Bt/C	5,75	18,29	15,16	21,89	9,09
C	4,47	19,05	20,20	24,86	9,81

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
Ao	-	5,90	4,70	3,67	2,16	-	-
A ₁	-	5,35	4,45	1,75	1,03	0,108	9,54
Bt	-	5,00	4,05	0,35	0,21	0,022	9,54
Bt/C	-	5,15	4,00	0,10	0,06	0,010	6,00
C	-	5,40	4,15	0,24	0,14	0,011	12,73

COMPLEJO DE CAMBIO EN n.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
Ao	20,50	1,87	0,82	0,08	0,40	16,50	15,4
A ₁	16,26	0,94	0,51	0,05	0,33	14,75	11,2
Bt	14,42	0,31	0,31	0,02	0,26	13,50	6,2
Bt/C	12,85	<0,25	0,20	<0,02	0,25	12,00	5,6
C	14,02	<0,25	0,10	<0,02	0,24	13,50	4,4

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total ¹⁰⁰	% Fe ₂ O ₃ Libre % Arcilla ¹⁰⁰	% Fe ₂ O ₃ Total % Arcilla ¹⁰⁰
Ao	1,45	3,96	36,6	14,5	39,40
A ₁	1,54	4,30	35,8	12,3	34,40
Bt	2,66	4,75	56,0	14,4	25,81
Bt/C	2,25	4,32	52,0	26,1	4,98
C	1,13	4,21	26,8	13,6	5,07

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

SiO ₂	.....	63,02	CaO	.....	1,68
Al ₂ O ₃	.....	19,98	Na ₂ O	.....	3,69
Fe ₂ O ₃	.....	1,10	K ₂ O	.....	4,31
FeO	.....	1,00	H ₂ O	.....	2,92
MnO	.....	0,04	TiO ₂	.....	0,38
MgO	.....	1,31	P ₂ O ₅	.....	0,21

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
Ac	xxx	x	x	xx	-
A ₁	xxx	x	-	xx	-
Bt	xxx	x	-	x	-
Bt/C	xxx	x	-	x	-
C	xxx	x	-	x	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	A ₀		A ₁		Bt		Bt/C		C	
Tamaño frac. en mm.	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2
	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05
Opac. nat.	++	53	++	154	++	133	++	36	2	265
Opac. de alt.	.	13	+	20	+	78	+	18	-	2
Turmalina	+	14	+	16	.	14	.	4	1	5
Circón	-	11	-	40	-	38	-	3	-	33
Granate	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Rutilo	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Anatasa	-	1	-	-	-	1	1	1	-	-
Broquita	-	1	-	6	-	5	.	7	-	-
Estaurolita	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Distena	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Epidota-Zoisita	-	5	-	13	.	16	-	15	-	12
Anfiboles	-	3	-	1	-	-	-	-	-	1
Dior. y Clor.	+	61	++	22	.	26	++	69	99	40
Carbonatos	-	2	.	-	-	-	.	1	-	8
Alteritas	+	14	+	33	.	26	+	7	-	15

Fracción ligera

Horizonte	A ₀		A ₁		Bt		Bt/C		C	
Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Cuarzo %	62	33	59	15	51	7	45	8	39	4
Feldesp-K %	9	15	15	9	24	6	23	12	19	8
Feldesp-Ca-Na%	8	11	8	14	-	9	3	4	16	11
Micas %	14	41	16	62	24	78	29	76	22	75
Agregados %	1	-	2	-	1	-	-	-	-	-
Alteritas %	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2

Comentarios

Este perfil corresponde a un suelo rojo desaturado como consecuencia del carácter ácido del material originario y del clima a que está sometido. La acidez y el bajo grado de saturación son muy intensos en los horizontes inferiores del perfil y un poco menos en los horizontes superficiales debido fundamentalmente a la actividad biológica. La cantidad de Fe libre en el horizonte Bt no es muy elevada, aunque se observa un aumento relativamente grande con la que presenta el horizonte C₁, esta liberación de Fe se observa mejor comparando la relación de Fe libre/total entre los horizontes Bt y C.

El proceso fundamental en este suelo es la rubefacción del horizonte Bt verificada en unas condiciones de intensa acidez y una pequeña terrificación en superficie.

Este suelo es poco frecuente en nuestro país y tampoco está muy extendido en la cuenca mediterránea por lo que su estudio tiene gran interés.

La asociación mineralógica predominante es cuarzo-micas, con abundantes feldespatos, pudiéndose observar cierta alteración de las micas y una alteración relativa del cuarzo.

En la fracción pesada dominan los opacos.

Este perfil presenta una homogeneidad entre los minerales de la roca y el suelo que prueban su caracter autóctono.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL XVII - R

Localidad: Cáceres

Situación: De Cuacos a Jaraiz de la Vega

Topografía: Ondulada

Agricultura: Higueras y viñas

Material originario: Probablemente roca intrusiva

Drenaje: Externo rápido, interno lento

Desarrollo del perfil: A/Bt/C

Altitud: 550 m.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 50	Ap	Color pardo oscuro con escaso contenido de materia orgánica. La textura es arenosa y la estructura grumosa. La permeabilidad rápida. Este horizonte es un aporte alóctono reciente.
50 - 120	Bt	Color 2,5 YR 4/8, algo abigarrado y muy pobre en materia orgánica. La textura es arcillo arenosa gruesa y la estructura poliédrica subangular poco desarrollada que tiene "clay-skin" poco desarrollados. Hay mucho cuarzo y algo de mica aunque escasa, existiendo <u>mi</u>

nerales de tipo micáceo de color verde grandes y bien conservados a 1. m. de profundidad.

+120

Bt/C

Abigarrado. Domina 2,5 YR 4/6. La textura es arcillo arenosa con algo de limo y la estructura varía de masiva a poliédrica angular; la consistencia y permeabilidad son respectivamente débil y buena, igual que el horizonte superior. Este horizonte posee un color más blanco y más parecido con la roca.

ANALISIS MECANICO

Hor.	Ar. G. 2-0,2mm.	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,002	Clas. Text. (Americana)
Bt	27,54	19,77	17,52	35,17	F. Ac.
Bt/C	28,33	20,99	21,96	28,22	F. Ac.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
Bt	2,97	12,66	11,91	11,40	8,37
Bt/C	3,79	13,51	11,53	11,93	9,06

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
Bt	-	5,30	4,15	0,54	0,32	0,029	11,03
Bt/C	-	5,25	4,10	0,20	0,12	0,013	9,23

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
Bt	17,25	0,62	0,51	<0,02	0,27	16,00	8,2
Bt/C	14,50	<0,25	0,31	<0,02	0,20	13,75	5,4

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total 100	% Fe ₂ O ₃	
				Libre %Arcilla 100	Total %Arcilla 100
Bt	3,78	4,67	80,9	10,7	13,27
BtC	3,13	3,94	79,4	11,1	13,96

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

SiO ₂	48,74	CaO	3,31
Al ₂ O ₃	26,09	Na ₂ O	0,37
Fe ₂ O ₃	4,02	K ₂ O	1,92
FeO	0,28	H ₂ O	11,76
MnO	0,004	TiO ₂	0,37
MgO	0,95	P ₂ O ₅	0,10

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
Bt	xxx	x	-	x	-
Bt/C	xxx	x	-	x	x

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	Bt		Bt/C	
Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Opac. nat.	+	+	-	-
Opac. de alt.	+++	++	+	+++
Biotitas	+	++	.	+
Cloritas	.	+	..	-
Alteritas	.	+	.	.

Fracción ligera

Horizonte	Bt		Bt/C	
Tamaño frac. en mm.	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Cuarzo %	68	39	68	29
Feldesp-K %	4	7	11	11
Feldesp-Ca-Na %	-	3	1	-
Micas %	24	47	19	60
Agregados %	-	-	1	-
Alteritas %	4	4	-	2

Nota: La escasez de minerales pesados impidió su conteaje

Comentarios

La característica más acusada de este perfil es el elevado grado de meteorización que ha sufrido el material originario y la intensa acidez del mismo; destaca también, en íntima relación con lo anterior, la elevada proporción del Fe libre frente al total y la baja capacidad de cambio.

El análisis químico total del material originario muestra una pequeña riqueza en bases alcalinas y alcalino-térreas, por lo que el proceso fundamental en este suelo, a

parte de la rubefacción, ha sido la del lavado completo de las bases que se han eliminado en el perfil con las aguas de drenaje; por todo ello y dado que la composición mineralógica de la fracción arcilla está formada principalmente por caolinita, se deduce que la formación del suelo se ha verificado bajo unas condiciones de intensa acidez.

El análisis mineralógico de la fracción arena muestra también la intensa meteorización que ha sufrido este suelo, al haber pocos minerales en la fracción pesada y estar muy alterados, hasta el punto de no poder efectuarse su contaje.

Por otra parte, la fracción ligera está constituida por la asociación cuarzo-micas predominando en estas últimas la moscovita, mucho más estable que la biotita.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL XVIII - R

Localidad: Navaconcejo (Cáceres)

Situación: Junto a Navaconcejo cerca del Jerte

Topografía: Abrupta

Agricultura: Dedicación forestal (Pinar)

Material oroginario: Rocas intrusivas con estructura muy es
tratificada

Drenaje: Bueno

Desarrollo del perfil: Ap/Bt/C

Altitud: 450 m.

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 25	Ap	Color 5 YR 5/6, con regular contenido de materia orgánica. La textura es arcillo limosa y la estructura varia de grumosa a poliédrica subangular. La consistencia es débil y la permeabilidad rápida. Horizonte algo alóctono.
25 - 120	Bt ₁	Color 10 R 3/6. La textura es arcillo limosa y la estructura varia de poliédrica angular a prismática bien desarrollada. La consistencia es fuerte y la permea-

bilidad rápida. Se observan grandes películas de "clay-skin" de color rojo en el exterior de los agregados y partiendo éstos, el color interiormente, es amarillo.

+120

Bt₂

Color 10 R 3/6 sin materia orgánica. La textura es arcillo limosa y la estructura varía de masiva a poliédrica angular gruesa. La consistencia es media y la permeabilidad rápida. Este horizonte está húmedo y muestra mayor desarrollo de "clay-skin".

ANALISIS MECANICO

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm.	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla < 0,002	Clas. Text. (Americana)
Ap	10,39	20,08	29,69	39,84	F. Ac. L.
Bt ₁	5,07	18,05	33,95	42,93	Ac. L.
Bt ₂	5,45	25,18	32,72	36,65	F. Ac. L.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. G. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
Ap	1,26	3,98	5,15	4,48	15,60
Bt ₁	0,27	1,30	3,50	7,41	10,64
Bt ₂	0,05	0,98	4,42	10,12	15,05

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
Ap	-	5,15	4,15	2,16	1,27	0,103	12,33
Bt ₁	-	5,20	4,10	0,56	0,33	0,038	8,95
Bt ₂	-	5,15	4,00	0,425	0,25	0,030	8,33

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
Ap	32,00	3,75	3,60	0,05	0,82	22,75	25,7
Bt ₁	30,42	4,06	4,73	0,05	0,69	19,50	31,6
Bt ₂	28,00	3,12	4,11	0,07	0,31	19,25	27,2

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃	Libre Total 100	% Fe ₂ O ₃	
				Libre %Arcilla 100	Total %Arcilla 100
Ap	8,06	13,74	58,6	20,2	3,44
Bt ₁	8,84	16,4	54,7	20,6	3,75
Bt ₂	8,50	13,54	62,0	23,2	3,69

ANALISIS QUIMICO TOTAL DEL MATERIAL ORIGINARIO

SiO ₂	51,90	CaO	6,16
Al ₂ O ₃	17,58	Na ₂ O	2,26
Fe ₂ O ₃	5,85	K ₂ O	0,83
FeO	5,30	H ₂ O	6,78
MnO	0,19	TiO ₂	1,17
MgO	2,25	P ₂ O ₅	0,24

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
Ap	xx	x	-	x	-
Bt ₁	xx	x	-	x	-
Bt ₂	xx	x	-	x	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	Ap		Bt ₁		Bt ₂	
	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2
Tamaño fracción en mm.	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05
Opacos naturales	+++	++	+++	+++	+++	+++
Micas	++	+++	++	-	-	-
Alteritas	+	-	-	-	+	+

Fracción ligera

Horizonte	Ap		Bt ₁		Bt ₂	
	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05	0,5 0,2	0,2 0,05
Tamaño fracción en mm.						
Cuarzo %	55	52	56	67	16	36
Feldesp-K %	16	9	14	3	13	2
Feldesp-Ca-Na %	1	-	-	3	-	4
Micas %	16	31	17	19	12	24
Agregados %	4	1	10	2	-	-
Alteritas %	3	7	3	6	59	34

Nota: La fracción pesada está prácticamente formada por opacos naturales y de los transparentes solamente se observaron micas (biotita y flogopita) y algunas alteritas.

Comentarios

Los horizontes de este perfil presentan a menudo manchas negras probablemente de manganeso. Destaca en este perfil el gran espesor del horizonte Bt, lo que hace sospechar, avalado por su situación topográfica que se haya producido por acumulación de materiales.

Según el análisis mineralógico de las arenas, la fracción ligera presenta un alto porcentaje de aglomerados compuestos por minerales del tamaño de la arcilla y la fracción pesada, muy pobre en materiales transparentes, está formada casi exclusivamente por opacos naturales.

Es de destacar la diferencia de tamaño de los minerales del horizonte Bt_1 en relación con los del Bt_2 y Ap , en estos los tamaños son muy superiores que en el Bt_1 lo que parece indicar una gran erosión y aporte posterior en superficie.

Este suelo tiene características genéticas muy semejantes al anterior.

DESCRIPCION Y RESULTADOS ANALITICOS DEL PERFIL XIX - R

Localidad: Puerto de Miravete (Badajoz)

Situación: Km 218 de la Ca. general de Madrid a Badajoz

Topografía: Abrupta

Material originario: Pizarra

Drenaje: Externo rápido e interno bueno

Desarrollo del perfil: A/Bt/C

Altitud: 600 m.

Vegetación: Encinar y jara

Profundidad en cms.	Horizonte	Descripción
0 - 25	Ao	Color 7,5 YR 3/2 algo húmedo y con abundante materia orgánica. La textura es arenosa y la estructura grumosa poco desarrollada. La consistencia es débil y la permeabilidad rápida. Este horizonte presenta gran cantidad de cantos de cuarcitas recubiertos por una película más oscura que el suelo.
25 - 35	A/Bt	Color 5 YR 5/8, algo húmedo y es poca materia orgánica. La textura es arcillo limosa y la estructura varía de masiva a poliédrica angular. La consistencia es fuerte y la permeabilidad media.

- 35 - 65 Bt Color 10 R 3/6. La textura es arcillosa y la estructura varía de poliédrica angular fina (0,5 cm.) a cúbica muy bien desarrollada; el color de la película que recubre los poliédros es 10 R 5/1; el color dominante es el rojo, pero hay abigarramiento con grises y amarillos. La consistencia es media y la permeabilidad rápida.
- 65 - 125 Bt/C Colores 10 R 3/6 y 7,5 YR 5/2. La textura es limo arenosa y la estructura escamosa pero con tendencia a ser poliédrica angular. La consistencia es débil y la permeabilidad rápida. Se observan también las películas de materia orgánica coloidal, existiendo también colores amarillos. También se observan granos de micas.
- + 125 C Color 7,5 YR 5/6. La textura es limo arenosa fina y la estructura semejante a la pizarra alterada. La consistencia y la permeabilidad son medias. Este horizonte es de pizarra alterada físicamente, pero con grietas (semejantes al CO_3Ca) recubiertas de las películas de M. O. coloidal, más separa

das que en los horizontes superiores. En los alrededores de las grietas el color es rojizo como si progresara hacia el interior.

ANALISIS MECANICO

Hor.	Ar. Gr. 2-0,2mm.	Ar. Fina 0,2-0,02	Limo 0,02-0,002	Arcilla <0,002	Clas. Text. (Americana)
Ao	20,43	53,90	13,04	12,63	F. Ar.
A/Bt	6,62	39,07	17,26	37,05	F. Ac.
Bt	1,85	36,64	15,60	45,91	Ac.
Bt/C	2,60	43,01	15,19	39,20	F. Ac.
C	8,80	58,00	17,93	15,27	F.

Fraccionamiento de Arenas

Hor.	Ar. M. Gr. 2-1 mm.	Ar. Gr. 1-0,5	Ar. M. 0,5-0,2	Ar. F. 0,2-0,05	Ar. M. F. 0,05-0,02
Ao	2,85	6,14	11,44	38,65	15,25
A/Bt	0,94	1,68	4,00	22,30	16,77
Bt	-	0,13	1,72	28,34	8,30
Bt/C	0,28	0,26	2,06	27,65	15,36
C	-	0,26	8,54	41,89	16,11

CARBONATOS, pH Y MATERIA ORGANICA

Hor.	CaCO ₃ %	pH		M. O. %	C %	N %	C/N
		H ₂ O	KCl				
Ao	-	5,30	4,05	6,70	3,90	0,169	23,08
A/Bt	-	4,90	3,50	1,00	0,59	0,053	11,13
Bt	-	4,75	3,25	0,37	0,22	0,035	6,29
Bt/C	-	4,90	3,20	0,20	0,12	0,025	4,80
C	-	4,95	3,20	-	<0,02	0,021	-

COMPLEJO DE CAMBIO EN m.e./100 g.

Hor.	Cap. Tot.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Sat. %
Ao	25,70	3,12	1,03	0,02	0,42	21,00	18,3
A/Bt	21,42	0,94	0,82	0,02	0,20	19,75	8,3
Bt	19,75	0,25	0,51	0,02	0,20	18,75	5,1
Bt/C	17,50	0,25	0,62	0,10	0,16	16,25	7,2
C	8,50	0,25	0,72	0,24	0,05	7,25	14,7

CONTENIDO EN HIERRO

Hor.	Libre Fe ₂ O ₃ %	Total Fe ₂ O ₃ %	Libre Total 100	% Fe ₂ O ₃ Libre %Arcilla 100	% Fe ₂ O ₃ Libre %Arcilla 100
Ao	1,37	2,01	68,1	10,8	15,91
A/Bt	2,24	3,21	69,7	6,0	8,66
Bt	3,38	4,48	75,4	7,3	9,75
Bt/C	2,93	3,83	76,5	7,4	9,77
C	1,34	1,49	89,8	8,8	9,75

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARCILLA

Hor.	K	I	M	V	Cl
Ao	xxx	xx	-	x	-
A/Bt	xxx	xx	-	x	-
Bt	xxx	x	-	-	-
Bt/C	xxx	x	x	-	-
C	xxx	x	x	-	-

MINERALOGIA DE LA FRACCION ARENA

Fracción pesada

Horizonte	Ao	A/Bt	Bt	Bt/C	C
Tamaño frac en cms.	0,5 0,2 0,2 0,05	0,5 0,2 0,2 0,05	NO HAY FRACCION PESADA		
Opac. nat.	. +	. +			
Opac. de alt.	. +++	. +++			
Turmalina	. +	- +			
Circón	- +	- +			
Rutilo	- +	- +			
Alteritas	+++ ++	+++ ++			

Fracción ligera

Horizonte	Ao		A/Bt		Bt		Bt/C		C	
Tamaño frac. en mm.	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2
	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05
Cuarzo %	99	96	98	98	99	98	99	99	99	85
Feldesp-K %	-	2	-	1	-	1	-	-	-	-
Micas %	1	2	1	-	1	1	1	1	2	5
Alteritas %	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-

Comentarios

Como los anteriores, las características fundamentales de este perfil son, aparte de la intensa rubefacción, la acidificación del suelo a pesar de que la textura arcillosa en el Bt no favorece una lixiviación de bases tan acusada. Como en casos anteriores la proporción de Fe libre a total es muy elevada, alcanzando valores más altos en las inmediaciones del material originario, probablemente debido a ciertas condiciones temporales de hidromorfismo. Nos encontramos por tanto, también en este caso, ante un ejemplo característico de suelo rojo ácido, que presenta marcadas diferencias morfológicas y fisico-químicas con los rojos mediterráneos saturados.

Así mismo, el análisis mineralógico de la fracción arena demuestra un proceso de alteración muy intenso. La fracción ligera está constituida casi exclusivamente por cuarzo a lo largo de todo el perfil y la pesada, obtenida solamente en los horizontes superficiales, está formada por opacos de alteración, alteritas y algún transparente resistente.

4.- DISCUSSION

4.- DISCUSION

4.1.- FACTORES FORMADORES Y MORFOLOGIA DE LOS SUELOS ROJOS

En España se presentan los suelos rojos con una varia ción morfológica extraordinaria, tan grande, que los caracteres comunes a todos ellos son muy escasos; precisamente es esta variabilidad morfológica la que nos permite apoyar muchas de nuestras consideraciones en relación con su génesis. Este aspecto, negativo a primera vista, se vuelve de gran va lor por cuanto nos conduce a una rápida eliminación de postulados que estaban admitidos sin discusión hasta el presente. El problema se plantea fundamentalmente con el examen y estudio de la naturaleza del proceso edáfico fundamental formador de éstos suelos, si es que hay uno solo, y cuales son las etapas de formación por las que un material litológico de una determinada naturaleza se transforma en un suelo rojo. Para la mejor y más clara consideración del problema exa minaremos estos suelos inicialmente desde un punto de vista fisiográfico y litológico para terminar con el de la dinámi ca interna del perfil, responsable en definitiva de su formación y desarrollo. Para ello nos apoyaremos no sólo en los perfiles estudiados por nosotros sino también en los descritos por diversos autores españoles.

4.1.1.- Material originario

Es este uno de los factores que afectan a los suelos de las regiones mediterráneas de una forma más general; los consideraremos conjuntamente porque presentan una interdependencia muy elevada. Los suelos rojos españoles se observan en una amplia gama de materiales litológicos; en la observación de los datos de los perfiles y en los de otros trabajos, se aprecia que el material originario puede considerarse como factor de menor importancia, puesto que sobre materiales de muy diversa naturaleza pueden aparecer suelos rojos. En esta discusión se exceptúan las formaciones sedimentarias litológicamente rojas, como son las margas rojas del Triás y algunas del Terciario, areniscas rojas, entre otras, sobre los que aparecen suelos de un color rojo litocromo. Calizas, costras calcáreas, gravas, areniscas, arcosas, margas sabulosas, pizarras, conglomerados, basaltos, esquistos, gneis e incluso granitos son materiales sobre los que aparecen nuestros suelos rojos repartidos por la amplia geografía española (ver cuadro de la pág. 184). La distinta composición mineralógica de estas rocas, la variabilidad en sus propiedades físicas, permeabilidad, dureza, solubilidad, facilidad a los diversos tipos de meteorización y también la muy diversa edad de las mismas, nos ofrece un amplio campo

de sugerencias en relación con la dependencia de los suelos rojos y los materiales sobre los que en la actualidad los en contramos. Se plantea en primer lugar el estudio de esta dependencia, ya señalada por Alias (1969) en relación con los suelos rojos de Granada, y que a lo largo de nuestro estudio es tema de la máxima atención. La presencia de suelos rojos sobre calizas puras, conglomerados, costras calcáreas y gravas, ha inducido a muchos autores a afirmar que estos suelos corresponden a formaciones sedimentarias alóctonas y depositadas sobre aquellos materiales. Este punto de vista contras ta con el de la teoría que considera los suelos rojos como un producto residual de la disolución de las calizas, de ahí que diversos autores les asignen el nombre de arcillas rojas de descalcificación. Por nuestra parte pensamos que en nin gún caso se pueden encontrar suelos rojos formados exclusiva mente de los productos de alteración de los materiales litológicos subyacentes ni que tampoco se puedan encontrar sue los rojos en los que, aunque sus materiales provengan en muy alta proporción de sedimentos alóctonos, no tenga el substra to calizo una influencia decisiva en la naturaleza del proce so fundamental de su formación. El estudio morfológico y mineralógico de los perfiles avala dicha afirmación.

La observación morfológica de los perfiles estudiados

nos muestra como una parte de los horizontes descritos en los mismos, se interpretan en algunos casos como restos de sedimentos superpuestos, rojos o no, con anterioridad a su deposición y que se han conservado sin sufrir otra alteración posterior por influencia del material subyacente. Las regiones mediterráneas han sufrido y están sometidas a un amplio proceso de erosión y sedimentación; difícilmente se encuentran perfiles completos, por lo general aparecen truncados y al mismo tiempo recubiertos por una delgada capa alóctona, muchas veces del mismo material edáfico; el perfil IX es un buen ejemplo de lo anterior. Esto lleva consigo una serie de contaminaciones por aguas de arroyada y lo que es muy importante por el viento, y por la acción de coluvionamientos que hace de los estudios mineralógicos un método de trabajo que hay que interpretar con gran prudencia en sus conclusiones.

Por todo lo anterior se deduce que los suelos rojos aparecen en nuestro país sobre cualquier tipo de material geológico, excepto aquellos en que las propiedades físicas en relación con el agua, impermeabilidad y descarbonatación impedida fundamentalmente, frenan la formación de los mismos. Están en este caso las margas arcillosas y yesíferas, sedimentos salinos y arcillas. La exclusión de estos mate-

riales que con tanta frecuencia se presentan en nuestro país en los valles terciarios, como materiales susceptibles de originar suelos rojos, se hace fundamentalmente, repetimos, por sus propiedades físicas en relación con el agua más que por su composición mineralógica. En ocasiones, materiales con semejante composición mineralógica pero menos compactos y por lo tanto más permeables pueden originar suelos rojos. Son pues las condiciones de impermeabilidad las que impiden fundamentalmente la formación de estos suelos sobre dichos materiales. En el caso de las margas yesíferas son razones de tipo climático y químico las que se suman a las anteriores para impedir la formación de los suelos rojos.

Queda pues por considerar la mayor o menor relación que los suelos rojos españoles tienen con los materiales geológicos subyacentes. No entraremos en la consideración sobre la presencia de cierta cantidad de elementos alóctonos siempre presentes en todos los suelos estudiados de las regiones mediterráneas, ni en la posibilidad, muy frecuente, de movimientos laterales de la masa del suelo sobre rocas y suelos, fenómenos que se observan en muchos de los perfiles estudiados y que pueden dar lugar a falsas interpretaciones del perfil. Sobre este problema, sí se puede afirmar que la mayoría de nuestros suelos rojos, fundamentalmente los formados sc-

bre margas y calizas sabulosas, bizarras, esquistos, basaltos y areniscas calizas y gneis han heredado la mayor parte del material suelo de los productos de alteración física y química de aquellas rocas y que sin ninguna duda, el horizonte C de estos perfiles procede en su totalidad de la alteración de la roca u horizonte R.

En el caso de las calizas duras y de gran pureza, el tan discutido caso de la terra rossa, señalamos que ciertos autores no admiten la posibilidad de que estos suelos sean autóctonos ya que al ser en ocasiones el residuo insoluble de la caliza del orden 2-3%, y aún menos, sería necesario disolver toneladas de esta roca para dar el material suficiente para que se formen unos centímetros de suelo y este proceso resulta hasta cierto punto incomprensible. Por nuestra parte consideramos que el caracter autóctono de la terra rossa está fuera de ninguna duda, admitimos, como siempre, que puede haber contaminaciones alóctonas, eólicas y fluviales, muchas veces muy importantes pero la mayor parte de la masa de suelo de la terra rossa procede de la alteración y edafización de los productos insolubles de las calizas constituidos principalmente, como se ve por los análisis químicos, por sílice, óxidos metálicos, cuarzo, feldespatos y minerales arcillosos. La observación sobre el terreno del perfil

IX y de otros muchos perfiles nos indica que en ningún caso se puede suponer la existencia de un manto alóctono pues en este caso lo mismo se hubiera depositado sobre las rocas circundantes, mientras que solo se observa suelo rojo y de forma exclusiva donde afloran las calizas. El residuo insoluble de la caliza de este perfil es del orden del 8%, cantidad más que suficiente para suministrar material primario para la formación del suelo. En extensas regiones de España, caso de las calizas pontienses y otras, se observan abundancia de elementos alóctonos en aquellos suelos rojos que evidencia la existencia de un sedimento geológico, tal ver plioceno, que se depositó sobre estas calizas y que posteriormente sufrió procesos de arrasamiento, desapareció en muchas zonas y los restos se entremezclaron con los materiales originados por la alteración y disolución de las calizas pontienses. Tal es el caso del perfil VIII, aunque aún en esta ocasión se observa la misma asociación mineralógica en la fracción pesada de la arena, en la roca y en el suelo.

Un ejemplo de gran interés en el estudio sobre la mayor o menor dependencia de los suelos rojos con los materiales litológicos subyacentes, lo tenemos en las grandes extensiones de suelos rojos que aparecen en distintos niveles de terrazas de los ríos españoles, de los que el perfil VI es un

buen ejemplo de los mismos. En este caso admitimos que es im posible que la grava fluvial subyacente constituida por cantos rodados de cuarcita, haya podido suministrar material al guo para la formación del suelo. El problema se complica ca da vez más por la presencia, también muy frecuente, de costras calizas muy puras, verdaderos travertinos, en el contac to de la masa de suelo rojo y la gravera, costra que engloba también cantos rodados de la misma. El contacto entre la cos tra caliza y el suelo rojo es abrupto, la costra es muy pura, cristalizada en bandas de color asalmonado y en ningún caso podemos imaginar que puede suministrar material para la formación del suelo. No queda otra interpretación en este ca so que admitir una independencia entre el material primario del suelo rojo y las gravas y costras calizas, pero esta independencia no es total ya que se ha observado que dentro de un mismo nivel de terraza, caso de las terrazas del Guadalquivir y Henares, el suelo rojo aparece únicamente cuando existe carbonato cálcico y no lo hay cuando el material subyacente no lo contiene. Esto prueba que aún en los casos de mayor carácter alóctono de los suelos rojos, siempre hay una dependencia entre el suelo y la roca cálcarea subyacente cualquiera que sea su naturaleza. Esta dependencia no está bien conocida hasta el presente, limitándonos en este estu-

dio a señalar este hecho muchas veces observado sobre el te
rreno. En la España semiárida la presencia en el perfil de
horizontes petrocálcicos lleva casi siempre aparejada la for
mación de un suelo rojo.

4.1.2.- Fisiografía

La diversidad litológica que muestran los materiales
geológicos subyacentes de los suelos rojos y lo que es muy
importante, las distintas propiedades físicas, físico-quími
cas y condiciones de su formación y sedimentación, ocasiona
también una muy amplia diversidad de las formas del relieve
en las que aparecen estos suelos. Por la observación de los
datos topográficos de los perfiles estudiados (ver cuadro
de la pág. 184), resalta que suelos rojos los podemos encon
trar en nuestro país bajo cualquier condición topográfica.
Lo mismo aparecen en regiones de montaña como en los amplios
valles terciarios, se encuentran en penillanuras como en ex-
tensas mesetas y cuencas fluviales. Los suelos rojos, o res-
tos de los mismos, no conocen exclusividad en las formas de
relieve ni en la topografía local: cada tipo de material geo
lógico, condiciona también un relieve y en ese relieve apare
cen estos suelos más o menos erosionados, así los gneis, gra
nitos y calizas muy tectonizadas presentan suelos rojos de

paisajes abruptos y muchas veces escarpados; las pizarras y esquistos nos ofrecen paisajes de suelos rojos de cerros con pendientes fuertes, algunas veces también escarpadas; los materiales más blandos, como las areniscas y margas sabulosas, originan suelos rojos de formas de terreno muy suaves formando lomas redondeadas, mientras que las calizas tableadas, costras calcáreas y depósitos fluviales, nos ofrecen llanuras extensas de formaciones de suelos rojos, tan frecuentes en ambas mesetas castellanas y en las terrazas fluviales.

La altitud en la que aparecen los suelos rojos varía también considerablemente, en este trabajo se estudian perfiles comprendidos entre 75 y 900 m. (ver cuadro de la pág. 184), pero en todo el ámbito nacional se encuentran desde el nivel del mar hasta un poco más de los 1.500 m de altitud. Esto quiere decir que tanto si consideramos estos suelos como formaciones actuales o como paleosuelos la formación de los mismos admite un margen de altitud considerable. Todo esto se estudiará más detenidamente cuando se trate del clima como uno de los factores principales en la formación de nuestros suelos rojos, ya que la altitud es uno de los principales factores que condicionan el clima.

CARACTERISTICAS LITOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS DE LOS
SUELOS ESTUDIADOS

Perfil N°	Material Subyacente	Topografía	Altitud
II	Pizarra	Ondulada	330 m
III	Arenisca	Ondulada	600 m
IV	Pizarra	Llana	450 m
V	Pizarra	Montañosa	560 m
VI	Sedim. Fluv.	Llana	750 m
VII	Sedim. Fluv.	Llana	630 m
VIII	Caliza	Lig. ond.	850 m
IX	Marga Sabulosa	Ondulada	200 m
X	Arenisca	Ondulada	75 m
XI	Caliza	Abrupta	750 m
XII	Pizarra	Fuert. Alom.	900 m
XIII	Estracto Crist.	Abrupta	800 m
XIV	Rocas Int.	Abrupta	800 m
XV	Pizarra	Abrupta	500 m
XVI	Rocas Int.	Abrupta	600 m
XVII	Rocas Int.	Ondulada	550 m
XVIII	Rocas Int.	Abrupta	450 m
XIX	Pizarra	Abrupta	600 m

4.1.3.- Clima y edad

En el estudio genético de los suelos españoles es el clima uno de los factores fundamentales en la formación de los mismos. Sin embargo es muy difícil considerar en los suelos rojos el papel de este factor de una forma aislada porque está íntimamente relacionado con la edad de estos suelos, por ello consideraremos conjuntamente la influencia de ambos factores. De una manera general y sin entrar en un análisis más detallado, si comparamos el mapa de suelos de España con el pluviométrico, o con el de índice de aridez de Tornwhaite, se destaca inmediatamente que, así como la mayoría de los tipos de suelos españoles se distribuyen a grandes rasgos atendiendo, entre otros, al factor climático, los suelos rojos se presentan con una amplitud climática extraordinario; en efecto, aparecen en zonas de clima semiárido con índice de Tornwhaite menor de 40 como en zonas de clima subhúmedo e incluso húmedo con índices de un valor de 80. Teóricamente ha**́**bía que admitir que la distribución de estos suelos tiene poco que ver con el clima actual en nuestro país, lo que equivaldría a decir que el proceso de formación de los suelos rojos no se conoce con detalle; se acepta de una manera general que siendo estos suelos los más representativos del área

mediterránea, el clima formador de los mismos corresponde a las condiciones que imperan en estas regiones, es decir, inviernos húmedos no excesivamente fríos y veranos cálidos y secos con una estación deficitaria de humedad, más o menos larga. Esta opinión general contrasta de una manera sorprendente con el unánime acuerdo de que las formaciones de suelos rojos corresponden a paleosuelos o sea suelos que se han formado "en el pasado" cuando el clima difería del actual no sólo en la intensidad de los factores termopluviométricos si no también en su duración a lo largo del año. Se señalan muy pocas regiones en las que actualmente se formen suelos rojos, Lamoroux (1966); la mayoría de los autores eluden el problema o bien son resueltamente partidarios de considerar a los suelos rojos como suelos policíclicos, lo que equivale a admitir que son también paleosuelos actualmente en evolución hacia otros tipos de suelos. Así, todo suelo rojo que se encuentre en regiones de pluviosidad distinta a 500-800 mm. y con una estación seca al menos de unos 60 días consecutivos, que son las condiciones consideradas ideales de formación, será un paleosuelo; esta afirmación tan general es muy difícil de admitir. En todo tipo de suelo la naturaleza del clima se combina de muy diversas maneras con la del material originario, de forma que un mismo proceso edáfico, cuantita-

tivamente considerado, puede tener lugar por distintas combinaciones de clima y roca. En los suelos rojos el factor material originario es una variable tan amplia, hemos visto su enorme variabilidad en nuestros perfiles, que inevitablemente lleva consigo a una variabilidad también grande en la intensidad de los factores climáticos. Sin embargo, el problema no es tan sencillo puesto que la acción combinada del clima y material originario no se puede estimar en concreto y menos aún con independencia de otros factores, biológicos en particular, formadores del suelo.

La realidad es que aunque nuestros suelos rojos tienen una distribución muy amplia, la inmensa mayoría de ellos se encuentran en regiones con precipitaciones comprendidas entre los 400 y 600 mm., límite inferior a la media normal que se considera internacionalmente como mas apta para formar estos suelos. Esto nos inclinaría a considerar a la mayoría de éstos suelos como formaciones con cierto caracter paleoedáfico en los que el proceso formador principal está aminorado o disminuido en cierta proporción por el caracter xerofítico del medio. Tal sería el caso de muchos de los perfiles que se presentan en este trabajo y concretamente los tomados en la Meseta Castellana, Valle del Guadalquivir y Extremadura. Esto no excluiría el que sigan formándose estos

suelos en cierta proporción, Sánchez y Artés (1966), pero el clima actual actúa tanto como conservador como formador de éstos suelos. Los suelos rojos de la Sierra de Gredos, están por otra parte en localidades con pluviosidades por encima de los 800 mm. pero con una estación seca que llega a los 60 días consecutivos. Estos suelos podrían ser considerados como suelos rojos de formación actual.

Por otra parte, es preciso considerar la variabilidad acusada del clima mediterráneo, a años secos con precipitaciones del orden de 300 mm., en una misma localidad, les suceden otros con precipitaciones del orden de los 600 mm. y aún más. En todos los casos es preciso considerar lo que denominaremos ley del máximo, es decir, que en una determinada región las condiciones climáticas más favorables para la formación de estos suelos sólo se presentan una vez cada 4 ó 5 años, pero como este ritmo se repite centenares de veces a lo largo de milenios, el suelo puede evolucionar con arreglo a esta tendencia. Esto es otro de los factores a considerar en la distribución de ciertos suelos, como los rojos, en las regiones mediterráneas, en las que la evolución de los mismos no son el resultado de las condiciones climáticas medias, puesto que no son representativas, sino que son el resultado de condiciones extremas más favorables a su evolución.

La implicación de la edad de los suelos rojos españoles es inevitable al hablar del clima. Un suelo tiene que ser contemporáneo con la superficie topográfica que ocupa o más joven si ha sufrido al menos un proceso de arrasamiento o erosión. La edad de los suelos rojos se remonta como límite más antiguo, según algunos autores, al Terciario superior; esto no excluye el que se hayan podido formar suelos rojos en épocas muy anteriores, pero, posteriormente, por cambios climáticos, han sufrido procesos erosivos y evolucionado el paisaje hacia la formación de otros tipos de suelos.

La datación de los suelos rojos españoles solo puede estimarse, con los medios de que disponemos, por consideraciones de tipo estratigráfico y para ello la mejor referencia es el estudio de las terrazas de los ríos españoles; se tiene así una estimación relativa acerca de la edad de los mismos. En los trabajos de selección de los perfiles VI y VII se estudiaron los suelos de las terrazas inferiores y de las más antiguas, quedando los suelos rojos localizados en las terrazas intermedias. Anteriormente en otros estudios, Gonzalez García y colaboradores (1962), Monturiol y Gallardo (1970), Guerra y colaboradores (1954-1968) se ha comprobado el mismo fenómeno para otras regiones españolas, por lo que se puede asegurar que de una manera general ha habido en el

transcurso del Cuaternario, al menos dos épocas muy favorables a la formación de estos suelos y que corresponde al Wurm I y al Mindel, según las glaciaciones alpinas o al pre-Soltaniense y Ameriense según los periodos interpluviales del Africa del Norte. Efectivamente en los niveles superiores al Mindel se encuentran suelos más evolucionados que los suelos rojos, como son los pardos lixiviados y planosuelos, mientras que en el Wurm reciente y llanuras aluviales modernas solo se encuentran suelos pardos y pardos calizos con horizonte B estructural y suelos sin diferenciación en horizontes genéticos. Esto nos lleva también a la conclusión de que el clima actual de la España semiárida no es el más adecuado para la formación rápida y extensa de éstos suelos y que durante el Cuaternario medio hubo periodos más propicios que los actuales y también con contrastes estacionales de precipitación y temperatura.

Los suelos rojos formados sobre materiales terciarios y algunos más antiguos, incluso paleozoicos, perfiles II, III, IV, VIII, IX, X, XI y XII y que sin duda son contemporáneos con los VI y VII podemos considerarlos también como paleosuelos (1). Indudablemente sobre estos materiales geo-

(1) Se designa en este trabajo como paleosuelo a todo suelo formado en el pasado pero no necesariamente policíclico.

lógicos se formarían con anterioridad otros suelos y posteriormente por rejuvenecimiento erosivo o por evolución edáfica se formaron suelos rojos más o menos actuales. Como el clima actual solo es distinto en sentido cuantitativo al que existía en el Cuaternario medio, los suelos, cuando no hay influencia humana, apenas evolucionan y se conservan con todas sus características a lo largo de los años. Si la topografía es abrupta, caso del perfil XI, los suelos rojos se erosionan con facilidad quedando restos de ellos en las ocuedades de las rocas y rellenando fisuras y grietas en las mismas.

Muy diferente es el caso de otro grupo de suelos rojos, perfiles n° XIII, XIV, XV, XVI, XVII y XVIII con topografías en general muy accidentadas; no puede pensarse que estos suelos se formaron bajo condiciones climáticas muy distintas porque se hubiesen erosionado al cambiar el clima, por lo que son suelos rojos actuales o subactuales y con pocos cambios climáticos desde su formación.

De todas las consideraciones anteriores se plantea el problema tan generalmente debatido, sobre si los suelos rojos son mono o policíclicos, es decir, si su formación obedece a un solo proceso edáfico o bien si están en evolución ha

cia otros tipos de suelos por cambio de las condiciones cli
máticas. En relación con este problema señalaremos la ten-
dencia casi general de los edafólogos de otros países de con
siderar los suelos rojos como formaciones policíclicas que
están en evolución hacia otros tipos de suelos; de ahí la
tendencia, creemos que muy exagerada, de considerar estos
suelos como formaciones relictas, hasta tal punto que para
ellos el horizonte B de estos suelos se considera como horiz
onte C de otro suelo en formación de acuerdo con el clima.
Concretando el problema a los suelos rojos de nuestro país,
de una manera muy general se puede en primer lugar afirmar
que de nuestros suelos rojos serán policíclicos únicamente
aquellos que se presentan en las regiones con un clima muy
distinto al teórico de su formación y monocíclicos los que
están en perfecto equilibrio con las condiciones climáticas
y de vegetación que tienen en la actualidad. Haciendo abs-
tracción de la influencia humana, por el examen de los per
files estudiados, se deduce que la totalidad de estos sue-
los conservan perfectamente en parte del perfil los carac-
teres morfológicos originales. La influencia de las labores
agrícolas, pastoreo y desforestación ha afectado en mayor o
menor proporción los horizontes superiores pero este efecto
no puede considerarse como una evolución edáfica natural que

es lo que se está estudiando. Al tratar de la génesis de estos suelos se insistirá sobre este punto. Los suelos rojos españoles localizados en regiones de precipitación entre los 300-500 mm. y en condiciones naturales, conservan bien la morfología propia y esto se ha observado en todos los perfiles en los que por circunstancias locales, la influencia humana ha sido mínima. El posible cambio climático hacia la xerofitización natural del medio afecta poco a estos suelos, los extensos bosques de Quercus Ilex de la Meseta Castellana son protectores de los mismos y en ningún caso se puede pensar en una evolución natural hacia otro tipo de suelo.

La mayor aridez del medio actuaría como conservador del suelo y esto es explicable porque el clima actual ejerce los mismos efectos cualitativos sobre la dinámica del perfil, diferenciándose únicamente por los efectos cuantitativos; por otra parte, dada la variabilidad climatológica entre unos años y otros, el proceso formador no queda excluido en ciertos años de máxima pluviosidad ni aún en los suelos rojos, localizados en las zonas de mayor carácter xerofítico. La erosión de origen antrópico nos ofrece unos suelos desprovistos de los horizontes orgánicos, habiendo sufrido procesos erosivos que decapitaron parcialmente el perfil, habiendo desaparecido incluso parte del horizonte B y mezcla-

do lo que quedó con el horizonte Ca de acumulación de carbonato cálcico. No pueden considerarse por lo tanto como poligenéticos a estos suelos aunque procesos como destrucción de la estructura inicial y carbonatación secundaria ejerzan una influencia decisiva en la morfología de los mismos.

Los suelos rojos que se encuentran en zonas de climatología teóricamente más apropiada, los enumerados anteriormente situados en Sierra de Gredos por ejemplo, tienen los horizontes orgánicos muy desarrollados, excepto el perfil XIII que está muy erosionado; son todos también monocíclicos; los horizontes de transición AB no pueden ser considerados como (B) incipientes de tierra parda ya que las condiciones climáticas actuales permiten la formación de suelo rojo según se ha demostrado por las observaciones de Lamoroux en El Libano, Lamoroux (1967), y por otros investigadores. Por nuestra parte también opinamos lo mismo ya que la presencia de estos suelos es general en esta región, allí donde la naturaleza del material originario lo permite, por lo tanto, se trata de un proceso climático regional propio del clima mediterráneo y que continúa todavía con cierta intensidad; la presencia de perfiles muy profundos en zonas escarpadas demuestran la facilidad de formación de estos suelos sobre algunos materiales. También en estas regiones, la variabilidad

dad climática no siempre favorece la formación de estos suelos; existen años de exceso de humedad en los que apenas hay estación seca mientras que en otros años ésta se prolonga hasta tres meses consecutivos. Por ello no podemos hablar de procesos de formación de tierra parda húmeda, aunque de hecho se den condiciones climáticas idóneas en ocasiones o en ciclos de dos o tres años seguidos.

4.1.4.- Vegetación

El papel de la vegetación y de los seres vivos en general, tiene importancia decisiva en la formación de muchos suelos, caso de las turberas, podsoles, chernosem... etc., pero en otros esta influencia es mucho menor; entre los que actúan los seres vivos en menor cuantía en la evolución del suelo se encuentran sin duda los suelos rojos considerados en su conjunto, ya que los subtipos de los mismos ya exigen condiciones edáficas más definidas. Vegetación, como factor de formación del suelo es pasivo puesto que depende del clima general, del microclima, de la naturaleza del material originario y de la interacción e influencia mutua de estos dos últimos factores entre sí y con la topografía. La variabilidad de aquellos factores permite también una extensa variedad de vegetación que pueda ser soportada por estos sue-

los y esto lo observamos al estudiar la extensa gama de tipos de vegetación bajo la que pueden aparecer estos suelos en nuestro país. El papel de la materia orgánica en la formación de estos suelos es muy pequeña e indudablemente mucho menor del que se le asignó en un principio. La naturaleza del humus es un mull cálcico hasta mull ácido y moder mulliforme según la riqueza en bases y las condiciones climáticas e hidrológicas de la región.

4.1.5.- Secuencia y naturaleza de horizontes

La morfología de los suelos rojos tiene de común solo ciertos caracteres mientras que presentan amplias diferencias respecto de otras propiedades. Consideramos en este apartado únicamente las diferencias morfológicas. Los horizontes orgánicos se presentan solo bien conservados en las regiones bajo bosque o matorral muy espeso, caso de los perfiles 12 en adelante excepto el 17 y 18; en el resto de los perfiles la erosión ha decapitado en mayor o menor proporción la parte superior y en todo caso se presentan intensamente antropizados lo que impide el estudio comparativo riguroso de los epipedones de éstos suelos. Los suelos rojos formados sobre materiales calizos o sobre materiales silíceos ricos en bases y con horizontes de acumulación de car-

bonato cálcico, presentan una materia orgánica constituida por un humus mull calizo, ampliamente saturado, muy bien es tr u c t r a d o y con buena humificación. Estos horizontes suelen estar totalmente antropizados por lo que resulta casi imposible el estudio de los mismos. Las condiciones climát i c a s, sequía estival, y las características de la vegetación impiden la descalcificación de estos horizontes; por otra parte, existe un aporte continuo de materiales carbonatados, principalmente por la acción eólica y por las aguas de escor r e n t a l i a. Esto se pone muy claramente de manifiesto porque el contenido de estas contaminaciones es muy superior en los primeros 25 cms. del suelo que en el subsuelo. Los suelos r o j os sobre materiales silíceos pobres en bases y sin horizontes de acumulación de carbonato cálcico, perfiles del 12 al 19, al ser suelos de baja fertilidad y de montaña, están mejor conservados y presentan horizontes de humus en algunos casos muy desarrollados, constituidos por un mull-moder ác i d o que alcanza valores del 5-6%, cuando no están truncados por la erosión. De estas consideraciones se puede deducir que en los suelos rojos, los horizontes orgánicos presentan buena humificación y actividad biológica. La relación C/N no es indicadora en la mayoría de los mismos de la naturaleza del humus, ni del grado de humificación porque al ser suelos

de cultivo están sujetos a un aporte de nitrógeno por los abonos y a una mineralización artificial del humus por la influencia humana. Lo que sí se puede afirmar es que el grado de saturación V , de estos horizontes orgánicos puede variar desde la saturación hasta una acidez extrema por lo que establecemos, según los datos obtenidos, en el 50% el límite entre los dos amplios grupos de estos suelos, los de $V > 50\%$ son siempre suelos rojos sobre materiales calizos o silíceos con horizontes de acumulación de carbonato cálcico y los de $V < 50\%$ son suelos rojos ácidos y formados siempre sobre materiales silíceos, como granitos, esquistos o pizarras. En todo caso y por lo anteriormente expuesto se considera que no debe tomarse la naturaleza de los horizontes superiores para un intento de clasificación de los suelos rojos.

El horizonte B de los suelos rojos españoles tiene dos características comunes fundamentales, el color y el carácter textural. Respecto al color haremos siempre referencia al estado seco natural al aire ya que el correspondiente al estado húmedo varía con el grado de humedad y siempre en mayor proporción que el seco. Todos ellos tienen "hues" más rojos que 5 YR, es decir 2,5 YR y 10 R con "chromas" superiores a 4 y "values" de 3 ó 4. El "hue" límite 5 YR no

se acepta para cumplir los requisitos de color de nuestros suelos rojos ya que, a diferencia de otros países también con áreas mediterráneas, tenemos muchos suelos con "hues" 10 R por lo que sólo en casos excepcionales, perfil III, se incluyen suelos con "hue" 5 YR dentro del grupo de los suelos rojos.

El caracter textural del horizonte B es general en todos los suelos, ya que presenta verdaderos cutanes de arcilla orientada, más o menos desarrollados, en todas las caras de los agregados del suelo, canalículos de raíces o lombrices, granos minerales y gravas. En el estudio de la génesis de estos suelos se discutirá la formación de estos cutanes, pero se señala aquí que no se han encontrado suelos rojos con horizonte B estructural y los que se han reconocido en el terreno no se han tomado porque tenían un marcado caracter coluvial, es decir que eran sedimentos de otros suelos rojos autóctonos erosionados y mezclados con otros materiales, principalmente carbonato cálcico. En general la diferencia textural con el horizonte superior A ó Ap, es marcada y esto está de acuerdo con las observaciones realizadas por diversos autores con anterioridad, Paneque (1966), Alias (1967) y Guerra (1968). Tanto los suelos rojos desarrollados sobre materiales calizos como los silíceos, con o

sin horizontes Ca, muestran un índice de lavado de arcilla mayor de 1,5, pero esto es muy general en la mayoría de nuestros suelos, sean rojos o no. Se quiere indicar con esto que no admitimos por la observación morfológica de nuestros perfiles, la existencia de horizontes A₂ de empobrecimiento tan marcado en arcilla, aunque esta afirmación no puede ser confirmada algunas veces sobre el terreno por la erosión que indudablemente ha destruido en parte los posibles horizontes de eluviación de la misma. A pesar de esto es imposible explicar el contraste tan acentuado del contenido de arcilla en muchos de nuestros suelos entre los horizontes A y B ya que si la diferencia textural tuviera su principal origen por el lavado de la arcilla, todos estos suelos presentarían horizontes A₂ extraordinariamente desarrollados cosa que no ocurre en la realidad. De momento y antes de entrar en el estudio genético de estos suelos señalaremos como conclusión provisional que todos ellos tienen un horizonte B textural cuyo origen principal no es de eluviación de arcilla sino de formación y acumulación de la arcilla dentro de este mismo horizonte; a este proceso le denominaremos argilización.

La textura de estos horizontes no depende por lo tanto de los procesos de lixiviación de arcilla sino de la formación o génesis de los minerales de la arcilla y de la com-

posición mineralógica del horizonte C. Al observar la textura de estos horizontes se deduce que estos suelos pueden pertenecer a cualquier clase textural, desde franco-arenosa, perfil XVI, hasta arcillosa, perfil XII, aunque predominan los suelos franco arcillosos y por lo general pesados.

Estos horizontes B suelen presentar una estructura muy desarrollada y estable de tipo poliédrico o prismático, dependiendo esta morfología de la composición mineralógica de la arcilla. Es muy frecuente que esta morfología sea compuesta, por una parte prismática gruesa que luego se descompone en poliedros. Estas unidades estructurales están recubiertas por los cutanes arcillosos que son los que dan mayor tono rojo al suelo y que cubren todas las caras por igual. Al secarse estos suelos se agrietan poniéndose de manifiesto su morfología estructural y se observa que las raíces de las plantas no encuentran otro camino de penetración que las fisuras y grietas entre los agregados; lo mismo ocurre para el agua de infiltración en su primera etapa de penetración, todo ello tiene una gran influencia en el valor agrícola de estos suelos. Estos horizontes están descarbonatados, en el examen sobre el terreno no se observa la presencia de carbonatos en la masa del suelo y sí pequeñas concreciones calizas de origen secundario que penetran en profundidad entre

las caras de los agregados. El pequeño contenido en CO_3Ca en los análisis obedece a la presencia de este carbonato cálcico secundario, pero la masa del suelo nunca contiene carbonatos.

Por debajo del horizonte B la morfología de estos suelos es muy variable, la mayoría de nuestros perfiles presentan horizontes de acumulación de carbonato cálcico de diversa naturaleza, pulverulenta, concreciones, nódulos y costras calizas; algunas veces se asocian diversos tipos de acumulaciones cálcicas. Otro grupo de suelos rojos dentro de los desarrollados sobre materiales silíceos, con $V < 50\%$, no presentan horizontes de acumulación calizos, pasando el horizonte B con una pequeña transición al horizonte C.

Los horizontes C son de muy distinta naturaleza, consecuencia de la variabilidad de los materiales geológicos; los suelos formados sobre calizas duras, apenas presentan este horizonte, pasando del horizonte B en transición abrupta al material calizo descompuesto únicamente en unos milímetros en forma pelicular, tal sucede en los perfiles VIII y XI. Si el material originario es calizo y no consolidado, el horizonte C muestra un aflojamiento de la contextura física y una pérdida de carbonato cálcico. Entre el horizonte C y

el B siempre hay una transición que tiene las características de un horizonte estructural calizo de color rosáceo y estructura particular que se aclara poco a poco pasando al verdadero horizonte C. Si el perfil se desarrolla sobre material silíceo pero presenta entre los horizontes B y C una acumulación de carbonatos, el horizonte C, que muestra una clara alteración física en relación con el R, aparece muchas veces carbonatado secundariamente en forma de pequeños cristalitas que se integran en las fisuras y grietas que se forman en el ensanchamiento de la contextura física del material geológico. En estos casos la transición entre los horizontes C y R es muy difusa. Cuando los materiales originales son silíceos, pero que no presentan los perfiles horizontes calizos, el horizonte C tiene una transición muy difusa con los horizontes B y R, con frecuencia se observan cutanes de arcilla iluvial entre la esquistosidad o caras de exfoliación del material e incluso manchas ocreas y grises testigos de ciertas condiciones de hidromorfismo temporal.

4.2. PROPIEDADES QUIMICAS Y FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS ROJOS

4.2.1. Naturaleza del complejo absorbente

Por el estudio del pH, de la capacidad de cambio de cationes, T y del grado de saturación V, observemos que la

capacidad de cambio de cationes referida a la totalidad del suelo es poco significativa, mientras que si se refieren estos valores al contenido en arcilla se observan valores en general mayores en los suelos rojos neutros que en los ácidos. Por ello se ha hecho una primera subdivisión de estos suelos según el pH o su grado de saturación, en lugar de hacerla por caracteres morfológicos, como son el material originario, estructura, posición fisiográfica o presencia o ausencia de horizontes de acumulación de carbonato cálcico. Así se observa que los suelos rojos formados sobre materiales calizos, de cualquier naturaleza, juntamente con los desarrollados sobre materiales silíceos con horizontes de acumulación calizos, tienen un pH al agua superior a 7 y en la mayoría de los perfiles, muy cerca de 8; por otra parte los desarrollados sobre materiales silíceos pero que no presentan acumulación de carbonatos, el pH del horizonte B es moderadamente ácido, con valores comprendidos entre 5 y 6. El grado de saturación viene también correlacionado con el pH, siendo superior al 80% en los suelos rojos neutros y normalmente inferior a 40 en los suelos rojos ácidos. El calcio es el catión que domina en mayor proporción en los suelos rojos neutros secado, con cantidades muy inferiores, por el magnesio, mientras que, los alcalinos sodio y potasio entran en proporciones muy inferiores. En los suelos rojos ácidos el catión dominante, claro está,

es el hidrógeno y en cantidades considerablemente inferiores pero parecidas, el calcio y magnesio, presentando los alcalinos potasio y sodio, por este orden, valores todavía más inferiores. De todo lo anterior queda claro que la división entre suelos rojos saturados y desaturados es muy clara porque no hay transición y viene condicionada por caracteres morfológicos de importancia como son, el sustrato geológico calizo, presencia de horizontes Ca y sustrato geológico de naturaleza eminentemente silícea sin horizonte Ca. También si comparamos los datos sobre la morfología de la estructura se observa en los saturados una mayor tendencia hacia la compuesta, prismática y poliédrica, mientras que los desaturados presentan una estructura simple en poliedros.

4.2.2.- Caracteres Mineralógicos

4.2.2a.- Mineralogía de la fracción arcilla

En la presentación de los resultados analíticos de los perfiles estudiados se ha hecho una estimación semicuantitativa de la proporción en que entran entre sí los distintos minerales de la arcilla. Dos hechos destacan por la simple observación de los resultados, el primero, de carácter general, la uniformidad de composición mineralógica dentro de cada perfil

y el segundo, el claro agrupamiento de los suelos estudiados en dos amplios grupos, que presentan minerales en muy distinta proporción el uno en relación con el otro. Respecto a las consecuencias que pudieran deducirse en relación con la uniformidad mineralógica dentro de cada perfil, destaca en primer lugar el carácter autóctono de estos suelos. Las posibles sobreimposiciones de algunos horizontes superiores que se estudiaron en la descripción de los perfiles se han hecho con materiales alóctonos de la misma mineralocfia arcillosa por lo que los análisis de la fracción arcilla no permiten, como era de esperarse, el estudio de los desplazamientos laterales según la dirección de la pendiente, de los materiales que ocupan cotas más altas. Un hecho muy importante a destacar es el de que la arcilla de los horizontes C se conserva inalterada a lo largo de todo el perfil, esto quiere decir que en el proceso de formación de estos suelos la alteración química no es tan intensa que destruya intensamente los minerales arcillosos primarios o que los haga evolucionar hacia otras estructuras; la consecuencia de todo ello es que así como en la formación de otros tipos de suelos el proceso genético está ligado, en ocasiones, a la formación de un grupo determinado de minerales de la arcilla, en el caso de los suelos rojos esto no ocurre ya que se encuentran suelos rojos con una variada composición mineralógica.

Los dos amplios grupos que se hicieron de los suelos rojos en el aporte anterior se mantienen perfectamente, teniendo en cuenta la composición mineralógica. Esto era de esperar habida cuenta de la dependencia de las propiedades fisicoquímicas de los suelos con la naturaleza y proporción de los minerales de la arcilla que en ellos se presentan. Los suelos rojos saturados presentan todos ellos, un predominio de los minerales del grupo de la mica seguida en unos casos por la montmorillonita y en otros por la caolinita. La mica es mineral común en todos los suelos rojos saturados, mientras que la montmorillonita y caolinita pueden estar presentes o no, pero en este último caso, la ausencia de la montmorillonita no se debe a una evolución y transformación posterior en caolinita sino a que no se encuentra aquella en el material originario del suelo. La presencia de caolinita y de montmorillonita acompañando a la mica, no es por tanto muy significativa y se puede explicar por la influencia mineralógica del material originario que predispone por su composición, a una herencia de estos minerales en el suelo y también por la posible formación de montmorillonita en aquellos suelos rojos que presentan cierta lentitud en el drenaje. Efectivamente en los suelos rojos, representados por los perfiles nº 3, 4 y 9 pueden producirse pequeñas y pasajeras condiciones de mal drenaje y favorecer, por un aumento de bases, la formación de minerales del grupo de la

montmorillonita, a partir de minerales micáceos. Más específica es la mineralogía de la arcilla en los suelos rojos desaturados en los que la característica común es el predominio de los minerales del grupo del caolín seguidos en bastante menor proporción por la illita y la vermiculita. La montmorillonita no aparece en este grupo de suelos desaturados y solo se observa en algún caso en los horizontes muy inferiores, perfiles 5, 14 y 19, en los que en el contacto con el material original existen ciertas condiciones de hidromorfismo temporal que ocasionan un relativo enriquecimiento local en bases y pueden formarse minerales del grupo de la montmorillonita. Es por tanto la caolinita el mineral específico de estos suelos rojos y como se formaron en muchos casos sobre materiales geológicos carentes de este mineral, perfiles n° 13, 14, 16, 17 y 18, se debe considerar como un mineral de neoformación. La acentuada acidez de estos suelos crea unas condiciones fisicoquímicas favorables a la neoformación o posible evolución de otros minerales hacia la caolinita. Importante es también la presencia en muchos de los suelos rojos ácidos de vermiculita que puede considerarse como mineral accesorio pero muy significativo.

4.2.2b.- Mineralogía de la fracción arena

Para el estudio de los resultados y consideraciones obtenidos agruparemos los suelos rojos según el material original

rio y el grado de saturación.

a) Suelos ácidos desarrollados a partir de rocas eruptivas y metamórficas.

Los minerales que constituyen la fracción ligera de todos estos suelos son: cuarzo, micas y feldespatos, siendo siempre más frecuentes los potásicos. La fracción pesada de los mismos está formada por minerales resistentes y micas, principalmente biotitas, excepto en los suelos desarrollados a partir de granodioritas, en los que se identifican anfíboles y los formados sobre estratos cristalinos en los que dominan los opacos naturales.

En conjunto, son suelos desarrollados a partir de los materiales que ha cedido la roca madre y únicamente se observan aportes en los perfiles siguientes: Perfil XVIII: en su horizonte más superficial, se observa un incremento en el número de micas con respecto al horizonte subyacente Bt_1 y además su tamaño, así como el de los opacos naturales, que es aproximadamente el doble de los encontrados en éste. Perfil XVI: en los horizontes A_0 y A_1 aumenta ligeramente el número de feldespatos calco-sódicos con respecto a los horizontes Bt y Bt/C ; además, en el A_0 también se incrementa la cantidad de

mica biotita en la fracción pesada. En el perfil n° XIV, es evidente que los horizontes superiores se han formado en gran parte por materiales alóctonos.

En términos generales, no se aprecia una meteorización acusada en el conjunto de los perfiles, ni gran diferencia de unos horizontes a otros dentro de un mismo perfil, porque:

a) tanto en la fracción ligera como en la pesada se observan pocas alteritas; b) el contenido de feldespatos encontrados, así lo indica y c) al ascender en los perfiles el número de biotitas no sufre una disminución acusada.

En cambio, sí se aprecia con claridad, erosión mecánica que ha afectado a las micas, minerales sensibles a la fragmentación, pues éstas se acumulan en las fracciones más finas de la arena.

b) Suelos neutros desarrollados sobre sedimentos consolidados: margas y areniscas y sobre depósitos de origen fluvial.

Presentan características muy similares; en las fracciones ligeras domina el cuarzo, siguiéndole los feldespatos, siendo los más abundantes los potásicos, habiendo también presencia de micas.

En la fracción pesada, la mineralogía concuerda con la propia de los sedimentos sobre los que se han formado. Se observa por ello que estos materiales están constituidos por minerales capaces de resistir varios ciclos de sedimentación, o bien minerales secundarios formados a partir de la alteración de otros preexistentes. Lo mismo se puede decir con respecto a los opacos naturales: ilmenita y magnetita, minerales resistentes, y a los productos de alteración de estos, estables una vez formados.

En cuanto al origen de estos suelos, los perfiles III, VI, VII y IX, se han formado a partir de materiales subyacentes sin acusar aportes posteriores a la formación del suelo. Se diferencia de todos ellos el perfil X, originado a partir de una arenisca cuarzosa, considerándolo en parte de origen alóctono, pues el horizonte C, escaso en fracción pesada, no ha podido originar por sí sólo los dos horizontes superiores, habiendo por tanto recibido aportes.

En cuanto a la alteración entre los horizontes de un mismo perfil, únicamente se observa, y de una manera ligera, en el P. VI, en el que disminuye la estaurocita, así como los feldespatos calco-sódicos, desde profundidad a superficie.

En relación a la alteración química de estos perfiles

en su fracción arena, una vez formado el suelo, ésta no ha sufrido meteorización, pues no hay diferencias entre horizontes, como lo indica la ausencia de alteritas.

c) Suelos ácidos y neutros desarrollados sobre pizarras

1.- Suelos neutros:

Se pueden relacionar sólo los perfiles II y XII, separándose el IV, teniendo aquellos la fracción ligera del horizonte C exclusivamente formada por aglomerados, cuya composición ya ha sido mencionada en su descripción general, y que como se ha indicado, se van desagregando al ascender en el perfil, aumentando así los otros componentes; casi todo cuarzo en el P. XII y cuarzo, feldespatos y micas en el P. II.

Debido a la casi ausencia de feldespatos y al número muy elevado de opacos por alteración, se deduce que los materiales originarios del P. XII han sufrido una meteorización química más acusada que los que dieron el P. II. En relación con el P. IV se diferencia netamente de los anteriores por proceder sus materiales originarios de dos rocas diferentes, posiblemente una anfibolita y una pizarra anfibólica. Esto se deduce por: a) el horizonte C tiene un 30% de fracción pesada, mientras que en los otros horizontes oscila entre 13 y 2% y

b) la diferencia de mineralogía que se observa entre el C y el C/C₁ en su fracción ligera. Se aprecia diferencia de alteración de unos horizontes con respecto a otros; así los anfíboles van disminuyendo desde el horizonte C al B/Ca que es el más alterado, habiéndose producido aportes a partir de aquí, al aumentar el número de anfíboles en los horizontes Bt y Ap.

2.- Suelos ácidos:

Los perfiles V y XIX presentan analogías: la composición mineralógica de la fracción ligera es cuarzosa, siendo muy escasa la fracción pesada, en la que dominan los opacos por alteración y las alteritas encontrando sólo presencia de minerales transparentes, correspondiéndose casi todos ellos con especies resistentes; son estos minerales transparentes los que han ayudado a esclarecer la parcial aloctonía, de estos perfiles. Difiere en la mineralogía el perfil XV, en el que en la fracción ligera las micas son casi tan abundantes como el cuarzo; existe más alteración en el horizonte B/C y se aprecian aportes, tanto en la fracción ligera como en la pesada, a partir del horizonte Bt.

En resumen, se puede decir que todos los suelos desarrollados sobre pizarras, tanto neutros como ácidos, acusan presencia de materiales alóctonos provenientes de rocas simil

lares, así como diferencia de alteración entre horizontes.

4.2.3.- Caracteres Micromorfológicos

La micromorfología de los perfiles de suelos rojos es estudiados con un alto grado de saturación es muy similar. Todos ellos tienen un horizonte B textural con una contextura porfiroesquelética esquel-masépica o ma-esquelsépica, Brever (1964). El horizonte A muestra su carácter antrópico, ya que todos estos suelos son cultivados.

No solamente los suelos desarrollados sobre materiales silícicos muy diversos se parecen entre sí, sino también se parecen los suelos formados sobre depósitos fluviales. En lámina delgada el horizonte B textural tiene una contextura porfiroesquelética vo-ma-esquelsépica. Sin embargo los suelos desarrollados a partir de materiales calizos, tanto de rocas duras (calizas del Pontiense), o de rocas poco consolidadas (margas arenosas del Mioceno) forman un grupo más heterogéneo. Microscópicamente el horizonte B en general tiene color pardo; contiene una gran cantidad de esqueleto. Una contextura plásmica esquelsépica es común aunque pueda estar acompañada por separaciones plásmicas muy diversas. La contextura ocasionalmente es porfiroesquelética con tendencia a intertextura tica.

Estos son suelos rojos con un B textural dinámico (Compte Rendu Réunion Microph. soils rouges méditerranéens, 1969). El horizonte B textural no contiene cutanes arcillosos con óxidos de hierro tapizando las cavidades, sin embargo las separaciones plásmicas varían desde una contextura plásmica inséptica a omniséptica. Ocasionalmente se observan restos de los cutanes mencionados, originados por iluviación, lo cual está de acuerdo con la teoría de que la arcilla de iluviación se integra en el plasma, Fedoroff (1968).

Los suelos rojos con un grado de saturación muy bajo, con frecuencia no han podido estudiarse en su totalidad debido a que en general muestran perfiles que están truncados y fosilizados por elementos alóctonos. En general se observan en los horizontes Bt y Bt/C cutanes de iluviación deformados y muy fragmentados; con frecuencia estos horizontes han sido afectados por fenómenos temporales de pseudogleización. Estos suelos siguen también la regla general de que sus materiales se han formado por la alteración del material originario sin movimiento de arcilla y solamente a una pequeña fracción de esta arcilla puede atribuirse un origen iluvial. En algunos perfiles por encima del horizonte B/C se observa un material rubificado que se caracteriza por una contextura intertextica aséptica o inséptica juntamente con cierto material de

origen alóctono.

4.2.4.- Oxidos de hierro libre y hierro total

En los cuadros correspondientes se observan los contenidos en hierro libre y hierro total, relaciones entre sí y relación de los contenidos en hierro referidos a los porcentajes de arcilla del suelo.

Por el examen de los mismos se deduce que el contenido en hierro total es mayor en los suelos rojos ácidos que en los neutros; en los primeros alcanzan con frecuencia valores comprendidos entre el 7 y el 10% mientras que en los neutros o saturados los valores normales son del orden del 5 al 7%, con ciertas excepciones en ambos grupos de suelos. Esto parece indicar que existe cierta tendencia a alcanzar el hierro total estas cifras en ambos grupos de suelos rojos, sin que se puede afirmar que constituye una regla rigurosa. Es por lo tanto poco significativo el contenido en hierro total puesto que alcanza valores para los distintos suelos rojos análogos al de otros tipos de suelo.

En cuanto al contenido en hierro libre expresado en tanto por ciento del suelo es todavía menos significativo, puesto que no se observan diferencias apreciables entre los suelos rojos ácidos y neutros. Sin embargo si se expresa el

hierro libre en relación con el contenido en arcilla sí se observa una clara tendencia a presentar valores más altos en los suelos ácidos que en los neutros. Algunos autores lo atribuyen a una posible asociación entre la caolinita, principal componente mineral en los suelos rojos ácidos, y los óxidos de hierro libre. La explicación de esta tendencia la encontramos en que existe un paralelismo entre los fenómenos de neoformación de caolinita y de liberación de los óxidos de hierro, mientras que el aluminio queda libre y entra a formar parte de la red octaédrica de la caolinita. Por ello, en los perfiles con intensa formación de caolinita, tanto edáfica como presente en el material originario, la mayor parte del aluminio ha quedado fijo, formando parte de la red cristalina de la caolinita y vermiculita, mientras que el hierro queda libre alcanzando valores superiores al 15% de la arcilla en algunos perfiles como en el 13, 15, 16 y 18, cantidades que pueden considerarse como extraordinarias aún para estos suelos.

La relación de hierro libre a hierro total tiene también un débil carácter significativo puesto que en los suelos rojos neutros suele tener unos valores entre el 50 y 65%, muy frecuente en otros tipos de suelos, mientras que en los suelos rojos ácidos alcanza en algunos casos, perfiles 15 y

17, valores del orden del 80 por ciento, que pueden considerarse como extraordinariamente altos. En ambos grupos de suelos hay excepciones en uno y otro sentido, lo que demuestra que los caracteres mineralógicos en los suelos rojos están en cierto modo subordinados, al menos en parte, a las características mineralógicas del material originario.

4.3.- GENESIS DE LOS SUELOS ROJOS

El estudio genético de los suelos rojos españoles puede ser abordado una vez que se han detallado la naturaleza de los factores formadores de los mismos y estudiado su morfología y propiedades físico-químicas y mineralógicas. La naturaleza del proceso formador de los mismos se plantea de una forma muy amplia puesto que "a priori" existe el problema de si hay un sólo proceso formador principal por el que a partir de un determinado material geológico se origina un suelo rojo, caso de otros procesos edáficos, o bien, si en el proceso evolutivo de un determinado tipo de suelo de marcado carácter zonal, caso de los llamados suelos pardos mediterráneos por ejemplo, que tienen un horizonte B textural, por pequeños condicionamientos edáficos tiene lugar un proceso, que no es el principal, y el suelo adquiere el color rojo; a este proceso secundario es al que llamaríamos rubefacción. Plan

teada esta cuestión como premisa a considerar, nos inclinamos a asegurar que dada la extensa variedad de materiales litológicos, edad de las formaciones, secuencia de horizontes y amplitud de las propiedades físico-químicas que se han observado y estudiado, la formación de los suelos rojos a un nivel de abstracción que pueda comprender a todos ellos, no puede considerarse como un proceso edáfico comparable a otros procesos generales, como el que dá origen por ejemplo, a la formación de vertisuelos, podsoles, oxisuelos, andosuelos, suelos salinos.... etc. Por ello creemos que la formación de un suelo rojo es un proceso que "se superpone" o que al menos sucede inmediatamente a otro proceso de mayor generalización y de un significado genético "poco preciso" ya que su desarrollo no implica ni viene condicionado por una determinada composición mineralógica del material originario, ni una alteración mineralógica específica de algún grupo de los minerales de la arcilla y por consiguiente tampoco una neoformación de los mismos en una dirección determinada.

En contraste con todo lo anterior, los suelos rojos tienen el común denominador del desarrollo de su perfil; todos ellos, si no han sufrido procesos de arrastre, son de tipo ABtC y se encuentran en superficies de gran estabilidad antes de ser antropizados y siempre lo suficientemente anti-

guas para que los procesos de formación tuvieran tiempo más que suficiente para desarrollar ampliamente el perfil hasta su estado de madurez. De las características generales y específicas de los suelos estudiados, se puede hacer un estudio analítico de los mismos con el fin de establecer cuales puedan ser específicas en la formación de estos suelos y cuales no lo son, aunque son condicionantes de los mismos.

4.3.1.- Material originario

No existen apenas limitaciones puesto que como se ha visto, se encuentran suelos rojos sobre materiales de muy distinta composición; la sola excepción la constituyen las margas arcillosas que impiden el desarrollo de un suelo maduro, bajo las condiciones mediterráneas. Esta limitación como es general para otros tipos de suelos, no es específica para los rojos mediterráneos.

4.3.2.- Clima

Ya se ha estudiado la influencia de este factor. Al asignar el concepto de paleosuelos para la mayoría de estos suelos dificulta su especificación. Existe acuerdo general de que los suelos rojos cubrieron mayores superficies en nuestro

país que en la actualidad; allí donde la erosión los ha res-
netado se conservan con bastante desarrollo; en otras regio-
nes, Panque y Col. (1966), se demuestra su evolución hacia
la terrificación y creemos que más que a un cambio climático
la evolución se debe a una erosión generalizada tanto geoló-
gica como antrópica. El clima bajo el que se formaron no pue-
de diferir mucho con el actual o actuales que se presentan
en nuestro país. El problema se plantea por el acuerdo casi
general de que bajo las actuales condiciones climáticas no
se forman los suelos rojos, aunque creemos que cuando las
condiciones son favorables, clima, vegetación natural, etc.
se siguen formando estos suelos; lo que ocurre es que esta
última condición apenas se presenta en la actualidad.

4.3.3.- Dinámica del perfil

Sea cualquiera la naturaleza del material originario,
si éste era originariamente calizo el proceso inicial es el
de la descarbonatación del perfil. No admitimos que la des-
carbonatación y la rubefacción sean procesos que se dan al
mismo tiempo; la rubefacción empieza cuando la descarbonata-
ción es completa porque mientras el horizonte B tenga carbo-
natos no hay movilidad de la arcilla como lo demuestran los
estudios de cortes delgados de suelo. La presencia de los

carbonatos, aunque éstos se encuentren en pequeña proporción impide la evolución del suelo y éste queda en las fases de suelo pardo calizo; descarbonatación completa es la fase previa a la formación de suelos rojos sobre materiales carbonatados.

Una vez descarbonatado el suelo, si inicialmente no lo estaba, el paso siguiente en la evolución del perfil es el de la formación del horizonte B textural. Creemos que éste es uno de los puntos claves de este problema por lo que lleva consigo la evolución del horizonte B estructural a textural, aunque creemos también, que dada la variabilidad de suelos rojos y las características de los materiales litológicos, este paso no será siempre necesario puesto que se podrán formar directamente suelos rojos con horizonte B textural, particularmente cuando los materiales no estén inicialmente carbonatados. Este paso supone la descarbonatación del perfil y formación de horizontes de acumulación de carbonato cálcico, la mayor alteración química por hidrólisis de los minerales primarios fácilmente alterables si los hubiera y una amplia acumulación de minerales de la arcilla de composición mineralógica dependiente de la naturaleza del material originario, de su riqueza en bases y de las condiciones de humedad del medio. Formación no específica de los minerales

de la arcilla es por tanto una característica general de los suelos rojos, pero el que se forme el horizonte B textural de penderá de las condiciones climáticas y de las propiedades físicas del material originario. Si el clima no presenta una estación seca estival y el subsuelo es permeable, no hay for mación del horizonte B textural ya que se eliminan continuamente en las aguas de drenaje los productos resultantes de la hidrólisis mineral y no hay formación de cutanes. Si el material es impermeable, caso de las calizas cristalinas y compactas del Norte de España, se forma directamente el hori zonte B textural, pero en aquel caso por impedimento climático asociado a la vegetación, no se forma suelo rojo y se origina terra fusca. Si por influencia humana asociada a la orientación, el microclima del suelo se xerofitiza en verano, la terra fusca evoluciona a terra rossa. Estados de tránsito entre estos dos tipos de suelos son muy frecuentes en el Norte de España principalmente en el País Vasco y Santander.

Si existe una alternancia de periodos secos estivales y húmedos en primavera y otoño y si el microclima del sue lo refleja ampliamente estas alternancias de prolongados estados húmedos seguidos del periodo seco estival, los produc tos liberados por la hidrólisis sólo son eliminados en muy pequeña proporción y se produce una amplia acumulación de mi nerales arcillosos, juntamente con los óxidos libres, de hie

ro y aluminio. Cuando por las condiciones topográficas, orientación, gran escorrentía, el microclima del suelo no está lo suficientemente húmedo, la formación del horizonte B textural está impedida o al menos se realiza en una proporción que afecta poco a la morfología del horizonte inicialmente estructural. Tal sucede en las tierras pardas semiáridas que por efecto de la topografía, rejuvenecimiento continuo por la erosión y degradación de la vegetación, no evolucionan hacia la formación de suelos con horizontes B textural; se ha observado sin embargo, con mucha frecuencia, que en las regiones de tierras pardas meridionales en zonas localizadas con topografía llana se encuentran suelos con horizonte B textural.

La formación del horizonte B textural es un proceso posterior al de la descarbonatación pero indispensable en la formación de los suelos rojos. La formación de este horizonte ha sido llamada por algún autor como argilización y como tal se puede denominar en adelante. Este proceso se verifica en nuestro país sin iluvación o transporte de arcilla, es decir, sin formación de un horizonte A_2 suprayacente de embobrecimiento de la misma; de acuerdo con esto y según las investigaciones de Brever, Brever (1968), en los suelos rojos y pardo-rojizos de Australia, la arcilla iluvial del horizonte Bt es mínima y por último en el extenso estudio de los suelos rojos del Sur de Italia, Heilmann (1972), en los que describe

diversos suelos rojos desaturados en ninguno se reconoce morfológicamente la existencia de horizontes A_2 . La presencia de abundantes "ferri-arqilanes" en el horizonte Bt y aún en el B/C no supone en estos suelos una fuerte iluvación de arcilla con formación de horizontes A_2 . La movilidad y birrefringencia del plasma puede ser muy variable, -lo hemos comprobado en el estudio micromorfológico-, pero tampoco esta característica está ligada a fenómenos de fuerte iluvación de arcilla. Consideramos la formación del B textural como una característica general de los suelos mediterráneos siempre que factores de diversa naturaleza no lo impida, (topografía accidentada, naturaleza externa del material originario, microclima excesivamente seco, superficies topográficas y sedimentos recientes), pero esta formación se debe a una argilización en la masa del horizonte Bt sin transporte de arcilla.

Queda para ultimar el estudio de la génesis de los suelos rojos, la investigación de la causa del color. Los requerimientos para el mismo son los que corresponden a la formación del horizonte Bt en las regiones mediterráneas y, que consideramos como proceso principal, por ser el más general, juntamente con el del desarrollo del color rojo. Indudablemente es el hierro el elemento que comunica el color, esto está admitido desde los primeros estudios que se hicieron, pero

actuando en forma cualitativa y no cuantitativamente. Las can-
tidades de hierro libre y hierro total que se han encontrado
en estudios de los suelos rojos españoles demuestran que tan-
to uno como otro no son significativos para estos suelos y que
incluso el contenido de hierro libre en relación con el total
que debería aportar alguna solución, tampoco resuelve el pro-
blema porque oscila entre el 45 y el 80 por ciento y con esta
proporción encontramos otros tipos de suelos que no son rojos.
La micromorfología aunque ayuda eficazmente en la considera-
ción del horizonte B textural tampoco resuelve el problema de
la rubefacción como ya se demostró en el seminario de micro-
morfología de Paris (1969). El estudio con el microscópio
electrónico en diversos perfiles, antes y después de ser ex-
traído el hierro libre, nos demuestra que, en contra de la
opinión general, de que la causa del color se debe a que el
hierro corresponde a formas deshidratadas de naturaleza he-
matítica, se trata de componentes de hierro que están forman-
do glomérulos de microcristales de baja cristalinidad, de
aparición amorfa, que se presentan asociados a otras for-
mas mineralógicas del mismo, principalmente goethitas. Es
lógico suponer que prescindiendo de los óxidos de hierro hi-
dratados, goethitas por ejemplo, las variedades de hierro
aunque esten deshidratadas, caso del hierro hematítico, si

están bien cristalizados, forman cristales relativamente grandes, no tengan capacidad de comunicar color rojo al suelo y que sean únicamente las formas pseudocristalinas o amorfas las que por su carácter peculiar pueden recubrir los granos minerales, arenas y arcillas, tiñéndoles y comunicando color rojo. Otras observaciones afirman esta hipótesis: en los estudios en corte delgado no hay correspondencia entre el color de la masa basal y el color rojo del suelo, varía lo primero desde el amarillo hasta el pardo; no hay tampoco relación entre la contextura micromorfológica y el color ni con otra relación físico-química o mineralógica. La tonalidad roja se manifiesta perfectamente en los cutanes arcillosos. El clima mediterráneo, con sus contrastes de humedad y sequía no permite la formación de óxidos de hierro hidratados en formas de cristales grandes y bien desarrollados; para que se forme un buen cristal es preciso que se desarrolle lentamente en presencia de cierto grado de humedad, y por ello los hidróxidos de hierro libre formados por procesos hidrolíticos en la estación húmeda, inicialmente muy hidratados y en estado amorfo, puedan sufrir dos evoluciones al secarse el suelo en la estación estival; una es la de su parcial deshidratación y otra es la de la cristalización; el primero es mucho más rápido y fácil que el segundo y las formas de hierro quedan amorfas o pseudocristalinas y recubren los agregados del suelo, minera-

les, huecos y grietas, unas veces solos y otros acompañando a la arcilla en la formación de cutanes. Estos cutanes al ser destruidos por fenómenos de compresión, al humedecerse el suelo, pasan a la masa del mismo, como se observa en los cortes delgados. Para que estas formas de hierro puedan teñir es preciso que se asocien fuertemente a los argilanes porque en éstas condiciones basta una pequeña cantidad de hierro para que su capacidad de rubefacción sea suficiente. Por ello la formación de argilanes es indispensable para que la rubefacción tenga lugar y cuanto mejor desarrollados estén, el color rojo tendrá mayor intensidad. La observación macroscópica de un agregado de un suelo rojo nos indica que el color rojo de los argilanes que lo recubren es siempre más intenso que el observado al partir dicho agregado según una sección que no corresponda a una grieta natural del mismo. La rápida sequía estival crea unas condiciones por las que el hierro se deshidrata parcialmente dando origen a unos agregados oglomérulos microcristalinos que Greenlan (1962) llamó "blacherrie" y que nosotros también hemos observado al microscopio electrónico y precisamente son los que desaparecen fácilmente al ser extraído el hierro por el método de Deb, como puede apreciarse en las fotografías con microscopio electrónico presentadas, quedando el suelo perfectamente decolorado.

La causa del color rojo de los suelos está por lo tanto ligada a las condiciones de microclima del suelo favoreci-

dos por el clima mediterráneo. Tres son pues los procesos que tienen lugar: descarbonatación, arcilización y rubefacción; pero así como la arcilización y rubefacción pueden ser simultáneas, la descarbonatación es siempre un proceso preliminar. El equilibrio y formas de tránsito entre terra fusca y terra rossa en el Norte de España nos indica que sólo es cuestión de variación en el microclima del suelo para que el mismo pase del amarillo al rojo; la terra rossa sólo aparece en los lugares desforestados o con orientación S es decir, en los que aunque el clima general no es el más apropiado para su formación, si por las causas anteriores tienen lugar pequeños períodos secos en algunos años, éstos son suficientes para que la rubefacción, proceso relativamente irreversible, tenga lugar.

Existen también bajo condiciones climáticas similares a las de los suelos rojos, otros tipos de suelos con horizonte B textural de color pardo, esto es el caso de los suelos pardos no cálcicos y de los pardos mediterráneos. En estos suelos la rubefacción no ha tenido lugar por condiciones del microclima del suelo, mayor humedad del suelo en los períodos secos; por otra parte se observan numerosos estados intermedios entre suelos pardos y suelos rojos lo que demuestra también que la causa del color es extraordinariamente sensible a

los pequeños cambios en las condiciones de humedad del suelo.

4.3.4.- Edad de los Suelos Rojos

Todo lo anterior está de acuerdo con las consideraciones admitidas acerca de la edad de los suelos rojos mediterráneos. En relación con España, los suelos rojos desarrollados "in situ" nunca aparecen en superficies recientes y esto se admite para otros países de la cuenca mediterránea. Pero existe la contradicción de que si estos suelos se formaron bajo condiciones "no muy distintas" a las actuales ¿porque no se forman en la actualidad? ¿son realmente paleosuelos todos los suelos rojos?. El estudio de la génesis proporciona amplia contestación a estas preguntas. Se observa que suelos con horizonte descarbonatado por completo y con amplia formación de horizonte B textural tampoco aparecen en las terrazas recientes de los ríos españoles y como para que la rubefacción tenga lugar es preciso la arcilización del horizonte B, no podrán tampoco aparecer suelos rojos en superficies o terrazas recientes. Por lo tanto si paleosuelos son los suelos rojos españoles es también porque paleosuelos son todos los suelos de la España semiárida con horizonte B textural. Para que se forme este horizonte bajo nuestras condiciones climáticas son necesarios milenios y siempre que las condiciones del ma

terial originario y la topografía lo permitan. Admitimos por lo tanto el carácter de paleosuelo a nuestros suelos rojos pero no con un carácter discriminativo de los mismos, sino con un carácter general a todos los suelos con horizonte P textural.

El carácter policíclico ha sido designado a estos suelos por diversos autores pero sin especificar cual ha sido la naturaleza de los diversos ciclos de su evolución. Si descarbonatación, argilización y rubefacción se consideran procesos independientes entre sí y como consecuencia de variaciones climáticas estaríamos de acuerdo con aquel carácter. Si bajo las condiciones climáticas medias de nuestras regiones mediterráneas los tres procesos pueden desarrollarse, entonces los suelos rojos serán monocíclicos. En relación con este problema pensamos que el proceso más difícil o lento es el primero puesto que para que se realice sólo es cuestión de tiempo y de una buena actividad biológica; por lo tanto no hay nada que se oponga a la consideración de que los suelos rojos sean paleosuelos pero monocíclicos. En todas estas consideraciones empleamos el concepto de paleosuelos a suelos formados en el pasado pero no necesariamente bajo condiciones climáticas muy distintas a las actuales. Con frecuencia nuestros suelos rojos aparecen fosilizados o cubiertos por sedimentos alóctonos que los contaminan en parte; estos sedimentos, como hemos visto en

la descripción de los perfiles, pueden estar constituidos por materiales de otros suelos o sedimentos o por materiales procedentes de la erosión de los mismos suelos rojos que ocupan cotas más altas. Esto constituye una regla casi general y que no se limita con exclusividad a los suelos rojos sino que sucede también con otros tipos de suelos. Esto no prueba que los suelos rojos sean policíclicos en un sentido edáfico; las discontinuidades litológicas provocadas por estos fenómenos crean un débil carácter fósil a estos suelos. Este carácter no es total porque la débil cobertura alóctona no independiza al suelo de los factores externos y se establece una interrelación edáfica entre la misma y el suelo que fosiliza.

4.3.5.- Evolución de los suelos rojos españoles

La evolución de los suelos rojos se ha planteado de una forma general porque se les ha considerado como formaciones edáficas relictas desarrolladas bajo otras condiciones climáticas. En relación con este problema y después de todas las consideraciones hechas con anterioridad, la posible evolución de los suelos rojos se acepta con muchas reservas. Existe en la bibliografía un contrasentido, al menos falta de precisión, en todo lo que concierne a la formación de los sue-

los rojos mediterráneos. De todo ello resulta que estos suelos tienen la característica de ser paleosuelos policíclicos y que actualmente evolucionan hacia la formación de otros tipos de suelos en virtud de ciertos procesos como el del empardecimiento ("brunificación"). El resultado de este confucionismo, nos presenta estos suelos con una complejidad genética difícil de entender y que es la consecuencia de ideas aceptadas de antemano sin un análisis y comprobación.

De nuestro punto de vista se deduce que los suelos rojos españoles no evolucionan de forma natural ni tienen porque hacerlo. En cuantos perfiles se han examinado bajo condiciones naturales, sin apenas influencia humana, los caracteres edáficos se mantiene en su totalidad. Los pequeños encláves que todavía se conservan, en ambas Mesetas, de suelos rojos bajo encinar espeso o al menos bajo matorral cerrado, nos muestran suelos rojos con horizontes orgánicos bien desarrollados constituidos por un mull calizo y horizonte B textural con todos los caracteres específicos de este tipo de horizonte y ésto bajo una pluviosidad de 400 mm. anuales. Lo que sucede en realidad en gran proporción, es una evolución de estos suelos por influencia antrópica que ha destruido los horizontes orgánicos, dejando al descubierto el horizonte B, en el que se realizan las labores agrícolas. El resultado de todo esto es una

carbonatación secundaria de este horizonte, ruptura del equilibrio y ciclo estacional del sistema suelo-agua, necesario en la formación del horizonte B textural, destrucción de la estructura y microestructura originales de este horizonte, destrucción de los "ferriargilanes" y consecuencia de todo ello, un empardecimiento del color rojo y evolución hacia la formación del horizonte B estructural. A este proceso le llama Kubienska "terrificación" pero asignándole un sentido climático. La terrificación de los suelos rojos es, según nuestro punto de vista, un proceso originado por la acción humana, no es un proceso edáfico natural; no hemos visto ningún suelo rojo natural y de perfil completo bajo vegetación climax, en el que se observe el proceso de terrificación. La terrificación antrópica ha sido a veces tan intensa que sólo se puede detectar el antiguo suelo rojo mediante examen en corte delgado.

Otro proceso evolutivo de los suelos rojos es el que se conoce con el nombre de empardecimiento o "brunificación". Insistimos en que el empardecimiento o brunificación se admite por cambio de las condiciones climáticas que desarrollaron el suelo rojo hacia condiciones de clima atlántico, es decir, por desaparición del periodo seco estival. Naturalmente este proceso no se observa en los suelos rojos de la España semi-árida. En cuanto se refiera a la España húmeda o zona Norte

atlántica, tampoco se ha observado este proceso ni sobre terra rossa ni terra fusca. Los suelos examinados en Santander y País Vasco desarrollados sobre calizas cristalinas conservan el carácter textural en todo el horizonte B; no se puede en estos casos considerar empedecimiento a la zona de transición entre el horizonte A y B, que a lo sumo tiene de dos a diez centímetros de espesor. Por otra parte aunque en estas regiones no existe una estación seca estival muy definida, la evapotranspiración durante los meses de verano es considerablemente más elevada que en el resto de la Europa atlántica y continental. Por lo tanto el proceso inverso, es decir, el de evolución del horizonte B textural a estructural por rehidratación de los compuestos amorfos de hierro está considerablemente atenuada; la desforestación y erosión intensas que sufren las zonas de terra rossa en el Norte de España impiden también la evolución regresiva de estos suelos. Es preciso tener en cuenta que los suelos rojos y pardos sobre calizas cristalinas se secan mucho antes que los suelos rojos formados sobre otros materiales, por ejemplo pizarras y areniscas. Por ello en las regiones de muy débil carácter mediterráneo sólo se observan suelos rojos sobre calizas cristalinas y duras que no absorben la humedad y que por su red de diaclasas percolan rápidamente el agua de lluvia y de drenaje; entonces el suelo

una vez descarbonatado puede secarse en verano y formarse un horizonte B textural del tipo de terra fusca o rossa según el grado de deshidratación en función de la temperatura y humedad del suelo. No podemos admitir en España la "brunificación" o empardecimiento de estos suelos porque también, aparte de las consideraciones anteriores, tendríamos que admitir que en estas regiones de clima húmedo hubo anteriormente un clima mediterráneo típico que formó la terra rossa, pero esto es imposible porque entonces se hubieran formado otros suelos rojos sobre diversos materiales geológicos que hoy se observarían en multitud de sitios; por otra parte no es lógico que los únicos que hubieran resistido a la erosión y a la evolución fuesen precisamente los formados sobre rocas calizas crystalinas que son precisamente los más erosionables.

4.4.- CLASIFICACION DE LOS SUELOS ROJOS ESPAÑOLES

Clasificación española

Si se incluyen dentro de la denominación de suelo rojo a todos los suelos con "bues" más rojos que 2,5 YR y con "values" y "chromas" que cumplan con las especificaciones exuestas en este trabajo, y después del estudio sobre sus características genéticas y propiedades fisico-químicas, se de

duce que esta unidad comprende suelos cuyo único aspecto común es el color. La justificación de incluir a todos ellos dentro de una misma unidad, aunque sea a un nivel taxonómico elevado, es muy dudosa e incluso poco recomendable por las razones anteriormente expuestas. Sirve también de referencia que nos reafirma en este criterio, el que aplicando el sistema americano, VII Aproximación, los suelos rojos españoles se repartirían en cuatro órdenes distintos. Sin embargo la clasificación francesa, edición 1967, los incluyó dentro de la subclase de suelos fersialíticos dentro de la clase IX de suelos ricos en sesquioxidos de hierro.

Otra cuestión desfavorable a la consideración de los suelos rojos españoles como una gran unidad, es el desequilibrio existente entre la superficie que ocupan en nuestro país los suelos rojos que hemos llamado neutros y los ácidos; la proporción sería incluso menor de 10 a 1 por lo que si genéticamente y dentro del campo de la especulación científica, es muy interesante la consideración de los suelos rojos ácidos, en la práctica esta sub-unidad tiene ciertamente poco interés.

Sin embargo, por no romper con la tradición seguida hasta el momento por los edafólogos españoles, mantenemos esta unidad, aunque con las reservas apuntadas y dejando siempre la posibilidad de una pronta revisión de este criterio.

Creemos que es indispensable la eliminación del adjetivo "mediterráneos" a nuestros suelos rojos, porque su uso en nuestra clasificación es improcedentemente aplicado a un solo y determinado tipo de suelo; existe un clima mediterráneo, una vegetación mediterránea pero la unidad suelo mediterráneo no puede limitarse precisamente a un solo tipo de suelo y de tan débil carácter genético como son los suelos rojos.

La unidad superior quedaría de momento como suelo rojo que se subdividiría en otros dos según el grado de saturación: suelos rojos saturados y suelos rojos desaturados. Es importante hacer notar que la variación del grado de saturación de nuestros suelos rojos tiene un vacío muy amplio puesto que apenas se encuentran suelos rojos con V comprendidos entre el 45 y el 80 por ciento.

Los suelos rojos saturados se pueden subdividir atendiendo ya a consideraciones prácticas pero que tienen significado genético; así habría cinco unidades que serían las siguientes: Líticos, Petrocálcicos, Rególicos, Vérticos y Calcosilíceos, atendiendo a la naturaleza del material originario que condiciona a su vez a los factores topográficos. En el siguiente esquema se exponen las características principales de esta clasificación.

Suelos rojos	Saturados V > 50%	<u>Líticos</u> - sobre calizas duras - Terra Rossa
		<u>Petrocálculos</u> - sobre costra caliza dura
		<u>Rególicos</u> - sobre calizas poco consoli- dadas, margas y areniscas cá- lizas, sedimentos fluviales. En general sobre materiales no consolidados.
		<u>Vérticos</u> - De textura pesada y carac- ter vértico.
		<u>Calcosilíceos</u> - sobre materiales silf- íceos negro con horizonte de acumulación de carbonato cá- lizo.
	Desaturados V < 50%	<u>Oligotróficos</u> - V < 35%
		<u>Mesotróficos</u> 50% > V > 35%

En ciertos casos pueden presentarse los caracteres vérticos juntamente con otras características, por ejemplo, líticas o petrocálculos. Se dará prioridad para la clasificación a las características de mayor significado agronómico. Así pueden presentarse suelos rojos vérticos petrocálculos, vérticos calcosilíceos, etc.

Es interesante establecer también la correspondencia con el sistema americano, VII Aproximación, edición 1968 y con la unidades FAO. (1968). Esta sería la siguiente:

Suelos rojos		Clasificación española	VII Aproximación	Sistema FAO
Saturados V > 50%	Suelo rojo lítico o Terra Rossa	Ruptic Rhodoxeralf	Rhodo-chromic Luvisol	Rhodo-chromic Luvisol
		Rhodic o Lithic Argixeroll	Rhodo-Luvisol Paheozem	
		Petrocalcic Pa- lexeralf	Rhodo-chromic Luvisol Fase petrocálcica	
		Typic Rhodoxeralf	Rhodo-chromic Luvisol Fase regocálcica	
Desaturados V < 50%	Suelo rojo rególico	Rhodic Chromoxerert Rhodoxerert	Rhodo-vertic Luvisol Rhodic vertisol	
		Typic Rhodoxeralf	Rhodo-chromic Luvisol	
Desaturados V < 50%	Suelo rojo calcosí- liceo	Ultic Rhodoxeralf	Rhodo-Acric Luvisol	
		Rhodic Haploxerult	Rhodic Acrisol	
Desaturados V < 50%	50 > V > 35 Mesotróficos	Ultic Rhodoxeralf	Rhodo-Acric Luvisol	
		Rhodic Haploxerult	Rhodic Acrisol	
Desaturados V < 50%	Oligotróficos V < 35%			

Para una mejor correlación se han introducido nuevas unidades tanto en el Sistema americano como en el de FAO. En el primer caso se propone un nuevo Gran Grupo los Rhodoxerert para designar todos los suelos rojos montmorilloníticos; el resto de las innovaciones se realizan al nivel del Subgrupo, los de mayor interés lo constituyen los Ultic Rhodoxeralf, y los Rhodic Haploxerult para designar nuestros suelos rojos me_gsotróficos y oligotróficos.

5.- CONCLUSIONES

5.- C O N C L U S I O N E S

1.- Los suelos rojos se presentan por la amplia geografía española con una extensa variedad en los caracteres morfológicos y fisicoquímicos. En la llamada España húmeda se presentan con exclusividad sobre calizas muy consolidadas y elevada pureza; en las zonas subhúmedas y semiáridas lo hacen sobre materiales geológicos de muy diversa naturaleza; se exceptúan fundamentalmente las margas y arcillas consolidadas y sedimentos terciarios ricos en sales solubles.

2.- Del estudio de la dependencia de los suelos rojos con los materiales geológicos subyacentes se deduce que ésta varía también entre límites muy amplios; existen suelos derivados casi exclusivamente de las rocas subyacentes y otros con marcado carácter alóctono; estos últimos son los formados sobre costras calizas y gravas. Los formados sobre calizas duras dependen, en proporción muy variable del residuo insoluble de las mismas. Aún en los casos de menos dependencia litológica, la presencia del sustrato calizo es fundamental en el proceso edáfico formador de los mismos.

3.- Las contaminaciones mineralógicas de diverso origen y composición, es un fenómeno general en estos suelos; es

tas contaminaciones se presentan fundamentalmente en las frac
ciones gruesas de los mismos.

4.- No existe estrecha dependencia entre los suelos rojos y los caracteres fisiográficos; aunque dominan en las extensas llanuras y valles fluviales, también se presentan en zonas onduladas y accidentadas.

5.- El clima formador de los suelos rojos españoles no es muy específico; la pluviosidad puede variar entre límites muy amplios, desde 400 hasta más de 1.000 mm. anuales, siempre que exista una estación seca estival, al menos de dos meses de duración. La presencia de suelos rojos en zonas de mayor pluviosidad y de menor o nulo carácter xerofítico se in
terpreta por un carácter azonal de los mismos, caso de los sue
los rojos sobre calizas en el Norte de España. El clima semiáridi
do actual en ciertas regiones españolas, actúa bajo condiciones naturales como conservador de los caracteres morfológicos de éstos suelos; en años lluviosos y también bajo las mismas condiciones naturales, el proceso formador de los mismos prosigue con cierta intensidad.

6.- Es difícil asignar una edad definida a los suelos rojos españoles porque la velocidad de formación de los mismos

depende en gran proporción de la naturaleza de los materiales litológicos y de la presencia de carbonato cálcico. En general se puede afirmar que las épocas más favorables para su formación corresponden al Wurm-I-II y al Mindel según las glaciaciones alpinas. Los suelos rojos son por lo tanto formaciones paleoedáficas, principalmente los que se presentan en las regiones con marcado carácter xerofítico; en las regiones subhúmedas y húmedas predominan los suelos rojos de formación actual o subactual.

7.- Los suelos rojos españoles tienen una secuencia de horizontes de tipo A/Bt/Ca/C, A/Bt/E ó A/Bt/C. No existen horizontes de iluviación de arcilla Ae ó A₂, los horizontes B son todos de carácter textural, de textura muy variable y estructura poliédrica o compuesta prismática-poliédrica. Los horizontes de acumulación de caliza pueden ser de naturaleza pulverulenta, nodular de diversa contextura y morfología, o formando costras.

8.- Por la naturaleza del complejo absorbente los suelos rojos españoles se dividen en dos grupos muy específicos; los que presentan un grado de saturación por encima del 80% y los que lo tienen por debajo del 45%. Entre el 45% y el 80% no existen prácticamente en España suelos rojos. De acueg

do con lo anterior, los suelos rojos se subdividen en suelos rojos saturados, $V > 80\%$ y suelos rojos desaturados, $V < 50\%$. El pH en los saturados está comprendido entre 7 y 8 mientras que en los desaturados varia entre 5 y 6.

9.- La capacidad de cambio de cationes referida al contenido de arcilla es mayor en los suelos rojos saturados que en los desaturados. Esto está de acuerdo con la composición mineralógica de la fracción arcilla; en los suelos rojos saturados está compuesta por la illita como mineral más abundante y común a todos ellos, siguiendo como accesorios, caolinita y montmorillonita. En los rojos desaturados la caolinita es el mineral predominante y común a todos ellos, seguido por la illita y vermiculita. El proceso edáfico fundamental en la formación de los suelos rojos no va por lo tanto acompañado por la neoformación de un determinado grupo de los minerales de la arcilla.

10.- La composición mineralógica de la fracción arena depende de la naturaleza del material originario. Ni en el caso de los suelos rojos ácidos se aprecia una meteorización química intensa; por el contrario, la alteración física es importante en la mayoría de los perfiles.

11.- Por el examen micromorfológico se deduce que casi todos los suelos rojos españoles tienen un horizonte Bt de carácter dinámico; la contextura es muy diversa, así como el color del plasma. La proporción de arcilla movable es pequeña en relación con la arcilla total; esto está de acuerdo con la ausencia de horizontes de empobrecimiento de arcilla.

12.- Los contenidos en hierro total no son significativos ni tienen relación con el color; lo mismo ocurre con el hierro libre expresado en tanto por ciento del suelo. El hierro libre referido al contenido en arcilla es muy significativo ya que alcanza valores más altos en los suelos desaturados que en los neutros. La relación hierro libre a hierro total alcanza valores del 0,5 al 0,6 en los neutros, mientras que en los ácidos, toma valores considerablemente más altos y del orden del 0,8.

13.- El proceso formador de los suelos rojos lleva consigo como etapa previa la descarbonatación de los horizontes A y B. Sigue la arcilización o evolución del horizonte B estructural a textural, favorecida por el clima mediterráneo y se realiza con una suave alteración química. Este proceso se verifica sin iluvación de arcilla y no empieza hasta que el suelo está completamente descarbonatado, siendo independen

diente del grado de saturación en bases del complejo absorbente. La rubefacción puede ser simultánea con la formación del horizonte B textural y se debe a la presencia de formas de hierro pobres en agua pero en estado pseudocristalino. No hay relación por lo tanto entre color y presencia de cristales de hematites ni otras formas de hierro bien cristalizado.

14.- Los suelos rojos españoles, si no han sufrido influencia antrópica, son en su mayoría paleosuelos monocíclicos; el carácter de paleosuelo lo tienen por mostrar un horizonte B textural y no porque sean rojos. La rubefacción es un proceso lábil y rápido mientras que la argilización, si se realiza sobre materiales calizos, es muy lenta, porque requiere la previa descarbonatación del suelo.

15.- Se propone la eliminación del adjetivo "mediterráneo" en la denominación de los suelos rojos españoles. La división de los mismos en Saturados y Desaturados se establece según que el grado de saturación sea mayor o menor del 50%. Los saturados se dividen en: Líticos, Petrocálcicos, Rególicos, Vérticos y Calcosilíceos; los desaturados en: Oligotróficos y Mesotróficos.

Se establece la correspondencia de nuestros suelos rojos con la clasificación americana, VII Aproximación y con la propuesta por la FAO para el Mapa de Suelos del Mundo a escala 1:5.000.000.

6.- BIBLIOGRAFIA

6.- BIBLIOGRAFIA

- AGUILERA, N. H. and JACKSON, M. L.
1.953
Iron oxide removal from soils and clays soil.
Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 17:359-394
- ALBAREDA, J. M.
PEREZ MATEOS, J. y
ALEIXANDRE, T.
1.960
Estudio mineralógico de las fracciones gruesas de suelos de origen volcánico.
Anal. Edaf. y Agrob. 19: 699-746.
- ALEIXANDRE, T.
1.967
Estudio de un suelo rojo mediterráneo, en Almagro (Ciudad Real).
Anal. Edaf. y Agrob. 26: 1200-1209
- ALEIXANDRE, T. y
PINILLA, A.
1.968
Algunas modificaciones en las técnicas aplicadas al estudio mineralógico de las fracciones gruesas o arenas.
Anal. Edaf. y Agrob. 27: 564-567
- ALIAS, L. J. y
PEREZ PUJALTE, A.
1.969
Suelos rojos mediterráneos de la provincia de Granada (III).
Anal. Edaf. y Agrob. 28: 812-821
- ALIAS, L. J.
Estudio Agrobiológico de la provincia de Granada.
(En prensa)
- ALTEMULLER, H. J.
1.962
Verbesserung der Einbettungs-und Scheiftechnik bei der Herstellung von Bodendunnschliffen mit Vestopal.
Z. Pflanzenern. Dungung, Bodenkde 99: 154-177
- ALVIRA, T.
1.944
Contribución al estudio de las tierras rojas españolas.
Anal. Inst. Esp. de Edaf. Ecol. y Fis. Veg. 3: 204-249

- AUBERT, G.
1.958
Cours de Pédologie, professé a l' I.D.
E.R.T. ORSTOM.
Notes prises par Ruellan.
- AUBEPT, G.
1.965
Clasificación des sols. Tableaux des
classes, sous-classes, groupes et sous-
groupes des sols utilisés par la sec-
tion de Pedologie de l'ORSTOM.
Cahier de Pédologie ORSTOM. 3: 269-288.
- BADORREY, T.
GALLARDO, J. y
RIEDEL, W.
1.969
Los suelos de la parte occidental del
macizo de Gredos y el problema del ro-
tlehm.
An. Edaf. y Acrob. 28: 155-177.
- BEAUNDET, G.
1.960
Le Quaternaire Marocain, Etat des Etu-
des.
O.R.S.T.O.M. Rabat
- BEAUNDET, G. y
RUELLAN, A.
1.966
Le cadre géomorphologique de la pédog-
génese au Maroc.
Livret guide du Congrès de Pedologie
méditerranéene. Excursion au Maroc
1: 1-24.
- BENAYAS, J.
PEREZ MATEOS, J y
RIBA, O.
1.960
Asociaciones de minerales detríticos
en los sedimentos de la cuenca del
Tajo.
An. Edaf. y Acrob. 19: 636-670
- BENAYAS, J. y
GUERRA, A.
In litt.
Contribution to the micromorphological
study of red mediterranean soils in
Spain.
3rd. Intern. Working-meeting on Soil
micromorphology. Wroclaw (Poland) 1969.
- BENAYAS, J.
1.970
Micromorphologie des sols rouges medi-
terraneens.
Seminaire de Microscopie du sol. E.N.
S. A. Grignon. Multi-grafiado, 7 págs.

- BETZ, J. B. and
NOLL, C. A.
1.950
Total-hardnes determination by direct
colorimetric titration.
Am. Water Works Assoc. Jour. 42: 49-56.
- BONIFAY, E.
1.957
L'age et la signification des Sols roug
es méditerranéens en Provence.
C. R. Acad. Sc., Paris 224: 3075-3077.
- BOTTNER, P. et
LOSSAINT, P.
1.967
Etat de nos connaissances sur les sols
rouges du bassin Méditerranéen.
Science du Sol 1: 49-80.
- BOULAINE, J.
1.960
Sur quelques sols rouges a carapace
calcaire.
Bull. Ass. fr. Et. Sol. 3: 130-134.
- BOULAINE, J.
1.961
Facteurs de formation des sols méditer
ranéens.
Sols Africains, 6: 249 p.
- BOULAIN, J.
1.966
Sur les facteurs climatiques de la gen
ese des Sols rouges.
Comunicaciones de la Conferencia de
Suelos Mediterráneos: 281-284. Soc. Esp.
de Cienc. del Suelo - Madrid.
- BREWER, R.
1.964
Fabric and mineral analysis of soils.
John Wiley, New York, 470 pp.
- BREWER, R.
1.968
Clay illuviation as a Factor in Partic
le-size Differentiation in Soil Prof
iles. 9th. Int. Cong. Soil Sc. Adelaid
e - Australia 4: 489-500.
- BROWN, G.
1.953
The dioctahedral analogue of vermicul
ite.
Clay Min. Bull. 2: 64-69.
- BROWN, G.
1.961
The X-Ray indentification and crystal
structures of clay minerals.
Mineralogical Society: 544 pp. London.

- BUNTING, W. E.
1.944
The determination of soluble silica in very low concentration. *Indus. and Eng. Chemistry, Anal. Ed.* 16: 612-615.
- CHOUBERT, G.
1.948 a
Sur l'age des limous rouges superficiels du Maroc. *C. R. Acad. Sc. Paris* 227: 558-560.
- CHOUBERT, G.
1.948 b
Sur la nature des limous rouges superficiels du Maroc. *C. R. Acad. Sc. Paris* 227: 639-641.
- CHOUBERT, G.
JOLY, F.
GIGOUT, M.
MARCAIS, J.
MARGOT, J. et
RAYNAL, R.
1.956
Essai de clasification du Quaternaire du Maroc.; *C. R. Acad. Sc. Paris* 243: 504-506.
- CHOUBERT, G. et
BRYSSINE, G.
1.946
Sur les formations continentales du quaternaire marocain. *C. R. Acad. Sc. Paris* 223: 843-865.
- COMPTE-RENDU
1.969
Réunion consacrée a la micromorphologie des sols rouges méditerranéens-Grignon.
- C P C S
1.967
Classification del Sols, Edition 1967, Laboratoire de Géologie-Pedologie de l'ENSA de Grignon.
- CRUSAFIT PAIRO, M.
1.961-1.962
El Cuaternario español y su forma de manifestarse. *Speleon*, N°: 1-2.
- DEB, B. C.
1.950
Estimation of free iron oxides from soils and clays and they removal. *J. Soil Sci.*, 1: 212-220.

- DEL VILLAR, E. H.
1.930
Los suelos mediterráneos estudiados en España.
Asociación Int. de la Cien. del Suelo, Comisión V, Sub. Coms. de los Suelos mediterráneos. La Moncloa - Madrid.
- DION, G.
1.944
Iron oxide removal from clays.
Soil Sci. 58: 411-424.
- DUCHAUFOR, Ph.
1.968
L'evolution des sols.
Masson, París, 91 pp.
- DUCHAUFOR, Ph.
1.970
Précis de pédologie.
Masson, París, 481 pp.
- DUDAL, R.
1968-1970
Definitions of soil units for the soil map of the world.
World Soil, Resources Reports. n° 33, FAO, Rome.
- DURAND, J. H.
1.959
Les sols rouges et les croûtes en Algérie.
Serv. Et. Scient., Alger, 188 pp.
- FEDOROFF, N.
1.966
Sols rouges a la limite nord du bassin méditerranéen (Haute Provence).
Comunicaciones de la Conferencia de Suelos Mediterráneos: 443-451.
Soc. Esp. de Cienc. del Suelo, Madrid.
- FEDOROFF, N.
1.968
Genése et morphologie de Sols a horizon B textural en France Atlantique,
Sc. Sol. 1: 29-65.
- FAO/UNESCO
1.968
Definitions of soil units for the Soil Map of the World.
World Soil Resources Reports. 33 and addendum April 1970. FAO. Rome.
- GAL, M.
1.966
Clay Mineralogy in the study of the genesis of terra rossa and rendzina soil originating from calcareous rocks.

Proceeding of the international clay conference. Jerusalem no. 198.

GALLAGHER, K. J.
1.970

The Atomic Structure of Tubular Sub-crystals of B-Iron (III) Oxide Hydroxide Nature 226.

GALLARDO, J. y
VAUDOUR, J.
1.969

Problemas morfológicos y edafológicos de la región de Alcalá de Henares. An. Edaf. y Agrobiol. 28: 63-79.

GALLARDO, J. y
SANCHIDRIAN, J. R.
1.971

Contribución al estudio del Retlehm. An. Edaf. y Agrobiol. 30: 527-534.

GARCIA, R. y
FORTEZA, J.
1.964

Estudio Agrobiológico de la provincia de Zamora. Cent. Edaf. y Biol. Apl. de Salamanca.

GAUCHER, G.
1.947

Sur l'age des sols rouges nord-africains. Conf. Pédol. medit. Montpellier-Alger: 373-376.

GITZLIZ, M.
1.959

Clay Minerals in mediterranean limestone soils. Bull. Res. Coun. Israel, 86: 157-158.

GONZALEZ GARCIA, F. y
Colaboradores
1.962

Estudio Agrobiológico de la provincia de Sevilla. Cent. Edaf. y Biol. Apl. del Cuarto. Sevilla.

GONZALEZ GARCIA, F. y
Colaboradores
1.963

Estudio Agrobiológico de la provincia de Cadiz. Cent. Edaf. y Biol. Apl. del Cuarto. Sevilla.

GONZALEZ GARCIA, F. y
Colaboradores
1.971

Estudio Agrobiológico de la provincia de Córdoba. Cent. Edaf. y Biol. Apl. del Cuarto. Sevilla.

- GRACANIN, M.
1.956
Die Beziehung zwischen Roterden und
Waldgesellschaften des Kroatische Kars-
tgebietes.
VI^a Congres Int. de la Science du Sol.
Paris, 5: 547-551.
- GREENLAND, D. S. and
OAFS, I. M.
1.968
Electron-microscope observations of
iron oxides in some red soils.
J. Soil Sci. 19: 123-126.
- GRIM, R. E.
1.953
Clay mineralogy.
McGraw-Hill, New York, 383 pp.
- GUERRA, A. y
MONTURIOL, F.
1.954
Memoria del Mapa de Suelos del término
municipal de Ecija (Sevilla).
Inst. Edaf. y Fis. Veg. C.S.I.C. Ma-
drid.
- GUERRA, A. y
MONTURIOL, F.
1.955
Memoria del Mapa de Suelos del término
municipal de Ejea de los Caballeros
(Zaragoza).
Inst. Edaf. y Fis. Veg. C.S.I.C. Ma-
drid.
- GUERRA, A. y
MONTURIOL, F.
1.956 a
Memoria del Mapa de Suelos del término
municipal de Lebrija (Sevilla).
Inst. Edaf. y Fis. Veg. C.S.I.C. Ma-
drid.
- GUERRA, A. y
MONTURIOL, F.
1.956 b
Memoria del Mapa de Suelos del término
municipal de Alcira (Valencia).
Inst. Edaf. y Fis. Veg. C.S.I.C. Ma-
drid.
- GUERRA, A. y
MONTURIOL, F.
1.956 c
Memoria del Mapa de Suelos del término
municipal de Villanueva de la Serena
(Badajoz).
Inst. Edaf. y Fis. Veg. C.S.I.C. Ma-
drid.
- GUERRA, A. y
Colaboradores
1.968
Memoria del Mapa de España 1/1.000.000
Inst. Nac. de Edaf. y Acrob. Madrid.

- HARIBULLAH, A.K. and GREENLAND, D. J.
1.971
Clay mineralogy of some Seasonally Flooded Soils of East Pakistan. The Journal of Soil Science. 22: 179-190.
- HALDANE, A. D.
1.956
Determination of free iron oxide in soils. Soil Sci. 83: 483-489.
- HANNA KOYUMDJILSKY, D.H. and YAALON, J. Dan.
1.966
Red and Reddish Brown Terra Rossa in Israel. Comunicaciones de la Conferencia de suelos mediterráneos pp. 195-201. Soc. Esp. de Cien. del Suelo. Madrid.
- HATHAWAY, J. C.
1.955
Some vermiculite-type clay minerals. Clays and clay minerals pub. 395. Nat. Acad. Sci., Washington. : 74-86.
- HEILMANN, P.G.F.
1.972
On the formation of Red Soils in the Lower Crati Basin (S. Italy). Utrecht 189 pp.
- HERFILLON, A. J. et TRAN-VINH-AN, J.
1.966
Etude experimentale du Systeme $SiO_2-Fe_2O_3$. Aplicaciones a la pedogenese. Comunicaciones de la Conferencia de Suelos Mediterráneos: 255-263. Soc. Esp. de Ciencia de Suelos. Madrid.
- HERNANDEZ PACHECO, F.
1.932
Estudio de la región volcánica central de España. Mem. Acad. Cien. Exact. Fís. y Nat. (serie C. Nat.). 235 pp. : 3.
- HOYOS DE CASTRO, A. y SANCHIDRIAN, J. R.
1.966
Movilización de sustancias coloidales en suelos rojos mediterráneos. Comunicaciones de la Conferencia de Suelos Mediterráneos : 217-233. Soc. Esp. de Ciencia del Suelo. Madrid.
- HOYOS DE CASTRO, A. y SANCHIDRIAN, J. R.
1.967
Movilización de sustancias coloidales en suelos. Publicaciones del 38 Congreso Internacional de Química Industrial : 1109-1114. Madrid.

- JACKSON, M. L.
1.962
Soil Chemical Analysis.
Englewood Cliffs. N. J. 151-154 v
183-192.
- JACKSON, M. L.
1.969
Chemical composition of Soils.
In : Bear : 71-141.
- JOFFE, J. S.
1.949
Pedology. Second Edition.
New Brunswick - Pedology Publications.
- JONGERIUS, A. and
HEINTZBERGER, G.
1.963
The preparation of mammoth-sized
thin sections.
Soil Survey papers 1, Netherlands
Soil Survey Institute Wageningen,
37, S.
- KILMER, V. J. and
ALEXANDER, L. J.
1.949
Methods of Making Mechanical Analysis
of Soils.
Soil Sci., 68: 15-24.
- KITSON, R. E. and
MELLON, M. G.
1.944
Colorimetric determinations of phos-
phorus as molybdovanadophosphoric
acid.
Indust. and Eng. Chemistry Anal. Ed.
16 : 379-383.
- KLINGE, H.
1.956
Zur Frage der zeitlichen Einordnung
rezenter und vorzeitlicher Kalks-
teinboden der iberischen Halbinsel
VI^a Congres Int. de la Science du Sol.
Paris, E, : 31.
- KLINGE, H.
1.957 a
Uber spanische Terra Rossa Vorkom-
men und die Moglichkeiten ihrer Zeit-
lichen Einordnung auf Grund Boden-
geographischer Studien.
Zeitschrift fur Pflanzenernahr Dun-
gung, Boden, 76
- KLINGE, H.
1.957 b
Soil-Geographical studies of the Soil
formations on calcareous rocking south
and south-east Spain.
An. Edaf. v Fisiol. Veg. 16 : 77-134.

- KUBIENA, W. L.
1.952 Claves sistemáticas de suelos.
C.S.I.C. Madrid.
- KUBIENA, W. L.
1.962 Claves sistemáticas de suelos.
C.S.I.C. Madrid.
- LAKE, G. R. et
Al.
1.951 Effects of digestion temperature on
Kjedahl analysis.
Anal. Chem. 23: 1634-1638.
- LAMOUREUX, M.
1.965 Observations sur l'alteration des ro-
ches calcaires sous climat mediterrane-
nien humide.
Cahiers de Pédologie, 3, fasc. 1,
ORSTOM.
- LAMOUREUX, M.
1.966 A propos de la formation des sols
rouges mediterranees, sous clima
humide et subhumide du Liban
Comunicaciones de la Conferencia de
Suelos Mediterraneos: 285-296. Soc.
Esp. de Ciencia del Suelo, Madrid.
- LAMOUREUX, M.
1.967 Contribution a l'etude de la pedogene-
se en sols rouges mediterraneens.
Science du Sol, 2, : 55-86.
- MAC-EWAN, D. M. C.
1.944 Identification of montmorillonite.
Nature, London: 154-157.
- MACKENZIE, R. C.
1.949 Nature of free iron oxide in soils
clays.
Nature (London) : 164-244.
- MAPA DE SUELOS DE
ESPAÑA
1.968 Descripción de las asociaciones y ti-
pos principales de suelos de la Penin-
sula y Baleares. Esc. 1:1.000.000.
Inst. Nac. Edaf. y Agrob. Madrid, 119
pp.
- MARCELIN, P.
1.942 Sur le probleme des terres rouges.
Soc. Languedocienne de Géographie.
13 : 1-9.

- MEHLICH, A.
1.948
Determinations of Cation an Anion Exchange properties of soils.
Soil Sci., 66: 429.
- MEHRA, O. F. and
JACKSON, M. L.
1.960
Iron oxides removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate.
Clays and Clay minerals.
- MESCHING, H.
1.956
Le probleme de la terre rouge mediterraneene.
Photographie und Forschung Zeis-Ikon. 7
- MILNER, G. W. C. y
WOODHEAD, J. L.
1.955
The determination of Alumina in silicates (Rocks and Refractaires).
Anal. Chim. Acta, 12, 127.
- MONTURIOL, F.
GALLARDO, J. y
ALEIXANDRE, T.
1.970
Los paleosuelos rojos en las formaciones cuaternarias del Campo de Calatrava (Ciudad Real).
An. Edaf. y Acrobiol. 29 : 549-575.
- MUNSELL SOIL COLOR
CHARTS
1.958
Munsell Color Company, Inc.,
Baltimore.
- NORRISCH, K. and
ROGERS, L. E. R.
1.956
The mineralogy of some terra rossa and rendzinas of South Australia.
The Journal of Soil Sc. 7 : 240-301.
- NYDAHL, F.
1.944
The determination of manganese by the peroxidisulphate method.
Anal. Chim. Acta 3, 144.
- OADES, J. M.
1.963
The Nature and distribution of iron compounds in soils.
Soils and Fertilizers. 26 n° 2.
- OLMEDO, S. y
PANEQUE, G.
1.971
Contenido, distribución y formas del hierro en suelos de Andalucía Occidental. I : Condiciones ambientales y descripción de perfiles.
An. Edaf. 30 : 457-481.

- OSMOND, D. A. and
STEPHEN, I.
1.957
The micropedology of some red soils
from Cyprus.
J. Soil. Sc. 8 : 19-26.
- PANEQUE, G. G. y
OLMEDO PUJOL, J.
1.966 a
Suelos rojós lavados sobre areniscas
calizas del Sur de España.
Comunicaciones de la Conferencia de
Suelos mediterráneos : 307-318. Soc.
Esp. de Cien. del Suelo. Madrid.
- PANEQUE, G. G.
OLMEDO PUJOL, J.
1.966 b
Morfología, Sistemática y Cartografía
de los Suelos de Andalucía Occidental.
Comunicaciones de la Conferencia de
Suelos Mediterráneos : 417-442. Soc.
Esp. de Cien. de Suelo. Madrid.
- PENFIELD, S. L.
1.894
Tomado de : Applied Inorganic Analysis,
Second Edition, 1959 : 822-828.
John Wiley and Sons. New York.
- PEREZ MATEOS, J.
1.965
Análisis mineralógico de arenas. Méto-
dos de estudio.
Manuales de Ciencia Actual, n° I,
C.S.I.C. pp. 265.
- PEREZ MATEOS, J. y
VAUDOUR, J.
1.971
Estudio mineralógico de las formacio-
nes superficiales del Páramo Calizo.
Anal. Edaf. Acrob. 30: 243-260.
- POL'SKIY, M. N.
1.962
Some new techniques for preparing
thin sections of soils.
Soviet Soil Science 10: 1197-1204.
- RAVIKOVICH, S.
PINES, F. et
BEN YAIR, M.
1.958
Composition of colloids in the soils
of Israel.
Ktavin, 9: 62-82.
- RAYNAL, R.
1.960
Quelques aperçus sur l'existence et
l'importance des phénomènes periglacia-
ires préwurciens au Maroc.
Coll. Inter. tenu a l'Univ. de Liège
9 au 12 Juin 1959, 17, Univ. de Liège.

- REIFENBERG, A.
1.947
Some observations on red soils.
C.R. de la Conf. de Pédologie Medi-
terrannée, Montpellier.
- ROBINSON, G. W.
1.936
Soils. Their Origin, Constitution,
and Clasification. An Introduction
to Pédology - Second Edition.
London - Thomas Murby and Company
Woodbridge Press.
- RUELLAN, A.
1.971
Contribution a la connaissance des
sols des régions méditerranéennes:
Les sols a profil calcaire différen-
cié des plaines de la Basse Moulouva.
Memoires O.R.S.T.O.M. N° 54, Paris.
- SANCHEZ, J. A. y
ARTES, F.
1.966
Apportation au étude de la formation
del sols rouges autochtones sur des
Calcaires.
Comunicaciones de la Conferencia de
Suelos Mediterráneos: 375-382. Soc.
Esp. de Cienc. del Suelo. Madrid.
- SANCHEZ, J. A. y
Col.
1.966
Estudio Agrobiológico de la provincia
de Murcia.
Centro de Edaf. y Biol. Apl. del Segu-
ra. Murcia.
- SANCHIDRIAN, J. R.
1.967
Dinámica de las substancias coloida-
les en el Suelo.
Tesis Doctoral - Madrid.
- SEGALEN, P.
1.964
Le fer dans les sols Initiations.
Documentations techniques ORSTOM,
Paris.
- SHAPIRO, L. and
BRAUNOCK, W. W.
1.952
Rapid Analysis of Silicate Rocks
U.S.
Geological Survey, Circular 165.
- SOIL SURVEY STAFF
1.951
Soil Survey Manuel, U.S. Dep. of
Agri. Handbook n° 18. Washington
503 pp.

- SOIL SURVEY STAFF
1.960
Soil Classification; a comprehensive system, 7 th. Approximation. U.S.D. A. Washington.
- SOIL SURVEY STAFF
1.967
Supplement to soil classification system (7 th approximation). SCS - USDA, Washington.
- SUMALE, A. A. and
WAGER, L. R.
1.960
Methods in Geochemistry. Interscience Publishers LTD. London.
- TAMM, O.
1.948
Method of extraction of Fe, Al...
Traité pratique de Chimie Végétale, Georges Ed., Tourcoing.
- TAVERNIER, R.
1.957
Sur quelques sols des régions méditerranéennes.
Pédologie, 7: 348-364.
- U.S. SALINITY
LABORATORY STAFF
1.954
Diagnosis and improvement of Saline and alkali soils.
U.S.D.A. Handbook n° 60. Washington, 160 pp.
- VAN DER MAREL, H. W.
1.951
Gamma ferric oxide in sediments.
Journal of Sedimentary Petrology, 21: 12-21.
- WALKEY, A.
1.947
A critical examination of rapid method for determining Organic Carbon in Soil effects of variations in digestion conditions and of inorganic Soil constituents.
Soil Sci., 63: 261-264.
- WALKER, G. F.
1.950
Trioctahedral minerals in Scottish Soil-clays.
- WANNINEN, F. and
RINGEON, A.
Complexometric titration of Aluminium.
Anal. Chim. Acta, 12, 308.

WEIBEL,
1.961

Die Schnellmethoden der Gesteinsanalyse
Schweiz.
Min. Petr. Mitt., 41: 285-294

YAALON, D. H.
1.971

Paleopedology; origin, nature and da-
ting of Paleosols.
Sym. Age Parent Materials and Soils,
Amsterdam (1970), 350 pp.



FOTOGRAFIAS DE PERFILES

FOTOGRAFIAS DE CORTES DELGADOS

FOTOGRAFIAS CON MICROSCOPIO ELECTRONICO