

Reacciones fotoquímicas en Química Analítica

Determinación de peroxodisulfatos

POR

M. S. GARCIA, C. SANCHEZ PEDREÑO
y M. T. SIERRA

RESUMEN

Se presenta un nuevo método de determinación de peroxidisulfatos basado en su precipitación homogénea bajo la forma de SO_4Ba .

El paso de $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ a SO_4^{2-} es producido por la acción reductora del anión ioduro engendrado «in situ» en la reacción fotoquímica entre el ácido etilenodiaminotetracético y el iodo.

Se han estudiado las variables que afectan al proceso analítico pH, temperatura, iluminación, concentración de reactivos y presencia de iones extraños, para establecer las condiciones más favorables para la determinación gravimétrica.

Los resultados obtenidos son suficientemente exactos en un rango de 94,93 a 189,9 mg de $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$.

SUMMARY

A new method for the determination of peroxidisulphate based on the precipitation of SO_4Ba from homogenous solutions is presented.

The reduction of $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ to SO_4^{2-} is produced by the action of anion iodide generated «in situ» by the photochemical reaction between EDTA and iodine.



The main experimental variables such as pH, illumination, temperature and concentrations of reagents for the gravimetric determination.

The results are accurate enough from 94,93 to 189,9 mg of $S_2O_8^{2-}$.

INTRODUCCION

Una de las líneas de investigación que se vienen realizando en el Departamento de Química Analítica de Murcia consiste en el estudio de reacciones fotoquímicas con vistas a su aplicación al Análisis Químico.

Entre las reacciones fotoquímicas estudiadas se encuentran las que se originan entre los ácidos poliaminopolicarboxílicos y el iodo, que, al menos con velocidad apreciable, sólo se producen bajo la acción de la luz directa.

Estudios teóricos de las reacciones entre los ácidos etilendiaminotetraacético (AEDT) y 1-2 diaminociclohexanotetraacético (ADCT) con el iodo nos permitieron en trabajos anteriores (1-4) aplicarlas, para la valoración directa de iones metálicos e indirectas de varios aniones, en distintas condiciones experimentales y con el uso de diferentes técnicas analíticas.

En este trabajo se hace uso, por otra ruta de investigación analítica, del proceso fotoquímico entre el iodo y el ácido etilendiaminotetraacético. Consiste en la reducción de especies oxidantes por el anión ioduro que se va originando en la reacción fotoquímica, seguida de la determinación de la especie reducida. Según esta línea presentamos ahora su aplicación a la determinación de persulfatos solubles. En presencia de Ba^{2+} , el $S_2O_8^{2-}$, que es reducido por el I^- a SO_4^{2-} , precipita como SO_4Ba , especie que se determina gravimétricamente. La precipitación del sulfato bórico se produce en forma homogénea y, por tanto, con características apropiadas a la técnica seleccionada para su determinación (5-7).

En la bibliografía se encuentra que los métodos más utilizados para la determinación de persulfatos son aquellos en los que se añade una cantidad conocida de un reductor (I^- , Fe^{2+} , $C_2O_4^{2-}$, etc.) seguida de la valoración apropiada del reductor no consumido (8-9) o del producto de oxidación formado (10-11). No hemos encontrado ningún antecedente bibliográfico ajeno al Departamento, en que se determine $S_2O_8^{2-}$ por su reducción y precipitación homogénea como SO_4Ba . En un trabajo anterior de uno de los autores (12) se aplicó la reacción fotoquímica entre el colorante azul B y el AEDT para la misma finalidad.

El procedimiento que se propone conduce a un método exacto y pre-

ciso para la determinación de persulfatos hasta diluciones del orden 0,01 M.

PARTE EXPERIMENTAL

APARATOS UTILIZADOS.

Agitador Metrohm.
Lámpara de luz blanca de 300w.
Horno eléctrico.

REACTIVOS EMPLEADOS

Disolución contrastada de peroxodisulfato potásico M/10. Se prepara a partir del producto Schuchardt R. A. Se contrasta según el método de Kolthoff y Carr (9).

Disolución de etilendiaminotetraacetato dihidrógeno disódico (AEDT- H_2Na_2) M/10.

Disolución etanólica de I_2 M/50.

Disoluciones reguladoras acetato-acético de distintos pH.

Disolución M/5 de los cloruros de Ba^{2+} , K^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} y BrO_3Na , PO_4Na_3 y NO_3Na .

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE $S_2O_8^{2-}$

A las muestras de disolución de $S_2O_8K_2$ M/10 de 5 y 10 ml se les añade 20 ml de AEDT- H_2^{2-} M/10, 4 ml de I_2 M/50, 15 ml de Cl_2Ba M/5 y 10 ml de reguladora acetato acético de $pH \approx 4$. Se agita la disolución resultante.

Las muestras se iluminan con lámparas de 300 w colocadas a una distancia aproximada de 30 cm, que equivale \approx a 9.000 lux, durante 90 minutos y con agitación constante.

A los 40 minutos de iluminación se repone iodo por adición de 3 ml de la disolución M/50.

Terminado el período de exposición a la luz, se deja la disolución con el precipitado en digestión, durante una hora. Hemos comprobado que la precipitación del sulfato de bario es prácticamente cuantitativa en estas condiciones.

La muestra fría se filtra sobre papel especial para gravimetría y se lava varias veces con agua desionizada hasta que no dé positiva la prueba de Cl^- . Se seca el filtro a $100^\circ C$ y se calcina en un crisol, previamente tarado, a $800^\circ C$ en horno eléctrico durante una hora. Al crisol frío se le

añaden 2 ó 3 gotas de SO_4H_2 1:1, eliminando a continuación este ácido cuidadosamente por calefacción hasta desprendimiento de vapores blancos.

Se calcinan de nuevo los crisoles a 800°C y se pesan hasta constancia.

Los resultados analíticos quedan reflejados en la *tabla 1*, y, como puede observarse, presentan buena exactitud y precisión.

PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ EN PRESENCIA DE OTRAS ESPECIES CATIONICAS Y ANIÓNICAS

El estudio de las interferencias se efectúa sobre muestras que se preparan como en el caso de la determinación de peroxidisulfato en disoluciones puras, pero se añade además cantidades variables de sales conteniendo los cloruros de los cationes ensayados y sales sódicas de los aniones NO_3^- , BrO_3^- , PO_4^{3-} . En el caso de Sr^{2+} , Ca^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} se añade un exceso de AEDT- H_2Na_2 con el fin de complejar a estos cationes y anular la posible coprecipitación.

En las *tablas 2 y 3* se recogen los resultados obtenidos en la determinación de $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ en presencia de varios de estos iones.

TABLA 1

DETERMINACION DE ANION PEROXIDISULFATO

Parámetros estadísticos

Cantidad de $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ puesta (mg)	94,93	189,9
Valor medio hallado (mg) (*)	94,98	190,1
Desviación estándar	0,18	0,46
Desviación típica	0,08	0,20
% Error \pm	0,22	0,28
t_{exp}	0,27	0,54
t'_{exp}	0,48	1,21

Valor tabulado de t , al 95 % de probabilidad, 2,44, para $n-1 = 5$.

(*) El valor medio de anión peroxidisulfato hallado corresponde en ambas series a la media de 6 determinaciones aisladas.

TABLA 2
DETERMINACION DE $S_2O_8^{2-}$ EN PRESENCIA DE CATIONES

$S_2O_8^{2-}$ puesto (mg)	mg de ión extraño añadido						$S_2O_8^{2-}$ encontrado (mg) (*)	Error relativo aproxim. %
	K(I)	Ca(II)	Mg(II)	Sr(II)	Al(III)	Fe(III)		
94,93	469,2						94,66	-0,3
93,93		240,1					95,78	+0,9
94,93			92,25				94,17	-0,8
94,93				219,2			94,92	-0,6
94,93				438,5			95,87	+1,0
94,93					87,75		93,57	-1,4
94,93						110,3	96,02	+1,1

(*) Valor medio correspondiente a tres determinaciones aisladas.

TABLA 3

DETERMINACION DE $S_2O_8^{2-}$ EN PRESENCIA DE ANIONES

$S_2O_8^{2-}$ puesto (mg)	mg de ión extraño añadido			$S_2O_8^{2-}$ encontrado (mg) (*)	Error relativo aproxim. %
	NO_3^-	BrO_3^-	PO_4^{3-}		
94,93	245,1			95,11	+ 0,2
94,93	496,1			95,50	+ 0,6
94,93		153,6		95,77	+ 0,8
94,93			150,1	94,19	- 0,7
94,93	95,2	94,3	96,7	95,91	+ 1,1

(*) Valor medio obtenido en tres determinaciones aisladas.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Como hemos señalado, la reacción fotoquímica que se aplica para la determinación de $S_2O_8^{2-}$ es la I_2 -AEDT. Su estudio teórico (13-14) demostró que bajo la acción de la luz el iodo fotooxida al AEDT formándose I^- y productos de oxidación del anión orgánico, entre ellos CO_2 . Se admite que la reacción transcurre a través de un mecanismo de cadena entre átomos de iodo excindidos de la molécula y activados por la luz con las formas menos protonadas del AEDT. Se forman compuestos intermedios inestables y altamente reactivos a través de los cuales tiene lugar la transferencia electrónica.

El I^- que se va formando es el agente empleado «in situ» para la reducción del $S_2O_8^{2-}$ a SO_4^{2-} produciéndose iodo, que de nuevo fotooxida al AEDT. El proceso continúa ininterrumpidamente mientras existe $S_2O_8^{2-}$ en el medio. La última etapa corresponde únicamente a la reacción fotoquímica. Si el proceso se realiza en presencia de Ba^{2+} , el SO_4^{2-} precipita como SO_4Ba , especie que se determina gravimétricamente.

Seguidamente se estudian las variables que afectan a los diferentes procesos fotoquímico, redox y de precipitación que una vez iniciados se producen de forma prácticamente simultánea.

INFLUENCIA DEL pH

Es conocido que la velocidad de la reacción fotoquímica iodo-AEDT depende estrechamente del pH del medio (2). Es muy pequeña en medios ácidos inferiores a pH 2 y aumenta progresiva y rápidamente hasta pH 8.

Valores superiores no han sido estudiados por producirse dismutación del iodo. En el intervalo de pH 3-8 la reacción es rápida.

Aunque, como es conocido, la acidez del medio tiene gran importancia sobre las características físicas del precipitado de SO_4Ba , obteniéndose partículas de tamaño adecuado y formas cristalinas más perfectas a $\text{pH} \approx 1$ (15), por lo que acabamos de señalar, resulta imposible en nuestro caso proceder a $\text{pH} < 3$. No obstante, al producirse de forma homogénea la precipitación del SO_4Ba , la especie presenta las características favorables antes señaladas.

Con aplicación del procedimiento descrito en la Parte Experimental y procediendo a distintos pH entre 3-6 se encontró que a un valor entre 4-4,5 se satisface mejor las dos condiciones de velocidad del proceso fotoquímico y aspecto cristalino del SO_4Ba . En este medio se obtiene un SO_4Ba que por digestión adquiere buenas características para su lavado y filtración

CONCENTRACIÓN DE LOS REACTIVOS

Para estudiar la influencia de la concentración de iodo en los procesos que nos ocupan se prepararon una serie de experiencias que contenían 5 ml de $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ M/10, 20 ml de AEDT-H_2^{2-} M/10, 10 ml de reguladora de pH 4, 15 ml de Cl_2Ba M/5 y distintas concentraciones de iodo desde 0,5 a $3,5 \cdot 10^{-3}$ M y se siguió el procedimiento expuesto en la Parte Experimental. Se ha obtenido que concentraciones de iodo entre $1,5 \times 10^{-3} - 2,5 \times 10^{-3}$ M, es decir, relaciones molares $[\text{I}_2] / [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$ comprendidas entre 0,15 y 0,35 resultan adecuadas para realizar las determinaciones.

Por lo que respecta a las concentraciones de AEDT-H_2^{2-} y de Ba^{2+} hemos comprobado que se necesita alcanzar relaciones molares $[\text{AEDT-H}_2^{2-}]$ o de $[\text{Ba}^{2+}] / [\text{S}_2\text{O}_8^{2-}] \geq 2$ para obtener resultados exactos y reproducibles.

TEMPERATURA

Es sabido que temperaturas altas promueven la formación de partículas cristalinas de SO_4Ba más perfectas y de mayor tamaño que cuando se precipita a temperaturas bajas.

En el proceso que nos ocupa, sin embargo, a temperaturas altas el iodo presente en las muestras, se volatiliza rápidamente. Por ello se procede a temperatura ambiente, si bien por efecto de la iluminación las muestras alcanzan la temperatura de $\approx 60^\circ$ al final del proceso, por lo que es necesario ir reponiendo iodo, en el transcurso del período de iluminación.

ILUMINACIÓN

En trabajos anteriores se demostró que la velocidad de la reacción fotoquímica entre el yodo y el AEDT aumenta con la intensidad de la luz blanca utilizada. En el proceso total que nos ocupa hemos comprobado que para tiempos de iluminación de 90 minutos se obtienen buenos resultados con iluminaciones a partir de 7.500 lux.

En el procedimiento se recomiendan 9.000 lux equivalentes a situar la lámpara de 300 w a unos 30 cm del problema, iluminación que suministra una velocidad adecuada para el proceso total.

INTERFERENCIAS

Las tablas 2 y 3 reflejan los resultados obtenidos en la determinación de $S_2O_8^{2-}$ en presencia de varios iones metálicos y aniones. El método que se propone es bastante selectivo al menos hasta relaciones molares $[S_2O_8^{2-}]/[\text{catión extraño}]$ 1/1 como consecuencia de la presencia del agente complejante AEDT- H_2^{2-} que evita la precipitación de algunos iones metálicos como sulfatos. En estos casos es obvio que es necesario añadir un exceso mayor de AEDT- H_2 - Na_2 con el fin de complejar al ión extraño.

BIBLIOGRAFIA

- (1) SIERRA, M. T.; GARCÍA, M. S.; SIERRA, M. I., y SIERRA, F., *Anal. Quim.*, 75B, 517 (1979).
- (2) SÁNCHEZ PEDREÑO, C.; GARCÍA, M. S.; SIERRA, M. T., y SIERRA, M. I., *Anal. Quim.*, 76B, 281 (1980).
- (3) SÁNCHEZ PEDREÑO, C.; SIERRA, M. T., y GARCÍA, M. S., *Anal. Quim.*, 77B, 107 (1981).
- (4) SIERRA, M. T.; SÁNCHEZ PEDREÑO, C.; GARCÍA, M. S., y MARTÍN, J. M., *Anal. Quim.*, 78B, 108 (1982).
- (5) WILLAROL, H. H., *Anal. Chem.*, 22, 1372 (1950).
- (6) ELVING, P. J.; VAN ATTA, R. E., *Anal. Chem.*, 22, 1375 (1950).
- (7) HEYN, A. A., y SCHNAPK, E., *Anal. Chem.*, 26, 1243 (1954).
- (8) TREADWELL, F. P., y HALL, W. T., *Analytical Chemistry*, vol. 2, 9th Edition. John Wiley, Inc., New York.
- (9) KOLTHOFF, I. M., y CARR, E. M., *Anal. Chem.*, 25, 298 (1953).
- (10) BRIGHT, H. A., y LARABEC, C. P., *Bur. Standards J. Research*, 3, 573 (1929).
- (11) SANDELL, E. B.; KOLTHOFF, I. M., y LINGANE, J. J., *Ind. Eng. Chem. Anal.*, ed. 7, 256 (1935).
- (12) SÁNCHEZ PEDREÑO, C.; PÉREZ RNIZ, T., y OCHOTORENA RAMÍREZ, J., *Anal. Quim.*, 75B, 277 (1980).
- (13) FAURE, J., y JOUSSOT DUBIEN, J., *Bull. Soc. Chim.*, 8, 3964 (1967).
- (14) FURNIER DE VIOLET Y FAURE, J., *J. Chim. Phys. Physico Chim. Biol.*, 69 (6), 99 (1972).
- (15) FISCHER, R. B., y RHINENHAMMER, B., *Anal. Chem.*, 25 (10), 1544 (1953).



Influencia de la litología en los fenómenos de erosión de suelos en la región murciana (*)

POR

ROQUE ORTIZ SILLA (1)

SUMMARY

The main geological characteristics of the Murcia region, SE. Spain, are mentioned in a brief review as an introductory basis for differentiate the principal lithological materials more largely represented: formation of marls, siliceous rocks, carbonate rocks and quaternary detritic sediments. These materials are characterized by a specific tipology of soils. The different erosive phenomena developed in the above mentioned formations are discussed.

RESUMEN

En la presente publicación se da una breve visión de las características geológicas de la región murciana, para, a continuación, diferenciar los materiales litológicos más ampliamente representados: formaciones de margas, rocas silíceas, rocas carbonatadas consolidadas y sedimentos detríticos cuaternarios. Estos materiales están caracterizados por una tipología determinada de suelos, describiéndose los distintos fenómenos erosivos sufridos por cada uno de ellos.

(*) Comunicación presentada en la I Conferencia Regional sobre la erosión en Murcia.

(1) Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Murcia.



INTRODUCCION

Entre los diversos factores que influyen en los fenómenos de erosión: naturaleza del suelo y material litológico, características climáticas, vegetación y topografía, los primeros juegan un papel decisivo en la región murciana en donde las precipitaciones son escasas, pero intensas, y en ocasiones torrenciales, por lo que es muy importante el grado de cohesión, permeabilidad y alterabilidad que tienen las rocas y los suelos que se encuentran expuestos a la acción de las aguas de escorrentía superficial.

Es necesario distinguir dos tipos de erosión: la erosión geológica natural y la erosión antrópica. La primera se debe exclusivamente a los factores naturales y constituye las acciones ejercidas por el agua, el viento o el hielo, a escala del tiempo geológico, sobre la superficie terrestre. Esta lleva consigo tres procesos inseparables: la erosión propiamente dicha, el transporte y el depósito o sedimentación.

La acción antrópica, con las modificaciones ejercidas por el hombre en el medio ambiente, supone en sí misma un tipo de erosión y, además, acelera los fenómenos naturales de la erosión geológica, en estrecha dependencia con la agresividad del clima. El hombre, al destruir los bosques y zonas con vegetación natural, transformándolas en áreas cultivables, al realizar obras de ingeniería, y también con sus rebaños, que pueden destruir la vegetación de pastoreo cuando el número de cabezas de ganado por unidad de superficie es excesivo, lleva en bastantes ocasiones a un incremento de la velocidad de erosión e incluso con el tiempo a la desaparición de los suelos.

Vamos a dar en esta publicación una breve visión de las características geológicas generales de la región murciana, para a continuación describir las diversas formas de erosión que se dan en las formaciones litológicas más ampliamente representadas y que están caracterizadas por una tipología determinada de suelos.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS GENERALES

La región murciana tiene una orografía accidentada, con numerosas sierras, llanuras y depresiones intermontañas, presentando la mayoría de las cadenas orográficas una orientación SW-NE, relacionada con los empujes orogénicos más importantes que tuvieron una dirección perpendicular a aquélla. Aparecen bien representadas en la región las tres grandes zonas o unidades que se distinguen en el conjunto de las Cordilleras Béticas:

- La Bética s. str., llamada también Penibética por algunos geógrafos, en su parte meridional desde la provincia de Almería hasta Cabo de Palos.
- La Subbética, en el área central.
- La Prebética, al norte de la anterior penetrando ya en la provincia de Albacete.

Cubriendo parcialmente estas grandes unidades aparecen extensos afloramientos de materiales postorogénicos, neógenos y cuaternarios.

1. ZONA BÉTICA S. STR.

Pertencen a este dominio las sierras que constituyen la cadena litoral, la Sierra de Carrascoy, que separa las fosas tectónicas de la huerta de Murcia y del campo de Cartagena, y la alineación montañosa que comienza en la Sierra de la Torrecilla, en las proximidades de Lorca, y continúa por las sierras de la Tercia, Espuña y Monteagudo.

Se distinguen en estos relieves béticos tres complejos tectónicos: Nevado-Filábride, Alpujárride y Maláguide, caracterizados cada uno de ellos por una tectónica, litología, estratigrafía y situación diferentes y por haber sufrido sus materiales un metamorfismo de edad alpídica y prealpídica. Son, fundamentalmente, pizarras, micaesquistos, cuarcitas y filitas de edad paleozoica, y posiblemente más antiguos, sobre los cuales aparecen formaciones carbonatadas de calizas y dolomias triásicas y jurásicas.

Aparecen también en esta zona abundantes afloramientos de rocas volcánicas básicas, neutras y ácidas, anteriores y posteriores a los plegamientos principales. Constituyen numerosos cerros o «cabezos» localizados preferentemente en la parte meridional del campo de Cartagena, islas del Mar Menor, proximidades de Mazarrón, Lorca, Sierra de Carrascoy, Barqueros, ..., etc.

2. ZONA SUBBÉTICA.

Ocupa una posición más septentrional, dominando la parte central del territorio murciano. Pertencen a este dominio tres alineaciones montañosas: por un lado, la Sierra del Gigante y Sierra de Ponce; por otro, en posición más oriental, la Sierra de Ricote, separada de la anterior por los valles de los ríos Pliego y Mula; y, finalmente, las sierras de la Pila y Quibas, aunque algunos autores incluyen a estas últimas en el dominio prebético.

No aparecen aquí materiales paleozoicos metamórficos. Los más anti-

guos son de edad triásica y están constituidos por margas del Keuper de diferente coloración con abundante yeso. La mayor parte de los relieves están formados por rocas carbonatadas jurásicas, calizas y dolomías, de muy diverso aspecto. La tectónica, litología y estratigrafía de esta zona es compleja distinguiéndose varias unidades, externas e internas, aún no perfectamente delimitadas.

3. ZONA PREBÉTICA.

Pertencen a esta zona todas las sierras de la parte más septentrional de la región: Revolcadores, Moratalla, Carche, ..., etc.

Tampoco en este dominio afloran terrenos anteriores a los mesozoicos. Al igual que en el Subbético, se pueden diferenciar varias unidades que presentan dificultad en su delimitación, sobre todo las intermedias. Las rocas más frecuentes son calizas, areniscas, dolomías y margas, ofreciendo la particularidad de que los relieves más importantes, al contrario de lo que ocurría en la Zona Subbética, son del Cretáceo.

4. MATERIALES POSTOROGÉNICOS.

Entre las alineaciones orográficas que hemos citado, aparecen un conjunto de depresiones, más o menos extensas, que corresponden a cubetas sinclinales, frecuentemente accidentadas por fallas, cuya individualización se inició durante el Neógeno. Han funcionado como cuencas de sedimentación con episodios marinos y continentales, por lo que presentan una litología formada principalmente de margas, arcillas, evaporitas, areniscas y conglomerados. Aparecen estos materiales neógenos en afloramientos dispersos en toda la región, principalmente en la gran cuenca miocénica que se extiende desde Pliego a Abanilla.

Recubriendo parcialmente las depresiones se encuentran los materiales cuaternarios que proceden de la erosión de los relieves circundantes. Trataremos de ellos detenidamente más adelante. Son limos, arcillas, arenas y gravas depositados sobre unas superficies previamente erosionadas, lo que hace que su potencia sea muy variable, y suelen presentar encostramientos calizos.

PROCESOS EROSIVOS

El material litológico y la tipología de suelos, como ya hemos dicho anteriormente, ejerce una gran importancia en los procesos de geomorfogénesis de la región murciana. Atendiendo a la naturaleza de los materia-



Foto 1.—Intensa erosión sufrida por las margas neógenas, originando profundos abarrancamientos, en las proximidades de la carretera Alhama-Pliego.

Foto 2.—Debido a su fácil erosionabilidad, las margas dan una densa red de drenaje con barrancos muy ramificados. En oscuro el cauce y la estrecha vega del río Mula a su paso por Albudeite.

Foto 3.—Panorámica de rocas metamórficas fuertemente erosionadas y casi desprovistas de suelo al noreste del Puerto de Mazarrón.

Foto 4.—Vista aérea de los conos de deyección del borde noroeste de la Sierra de Carrascoy constituyendo grandes abanicos torrenciales.

Foto 5.—Alternancia de materiales arenosos y acarreos torrenciales más gruesos en el paleocauce de una rambla en las cercanías de Fortuna.

Foto 6.—Superposición de sedimentos limosos de diferente coloración, debida a fenómenos de arrastre superficial, en un suelo del Campo de Cartagena.

les litológicos más ampliamente representados en la región: formaciones de margas, rocas silíceas, rocas carbonatadas consolidadas y sedimentos cuaternarios, es posible distinguir diferentes formas de erosión.

1. FORMACIONES DE MARGAS.

Son materiales que, debido a su gran impermeabilidad y escasa cohesión, son fácilmente erosionables por la escorrentía superficial, formándose en los mismos las formas más deprimidas del paisaje. En consonancia con el material litológico y la fuerte erosión los suelos son muy poco evolucionados. Se trata, según la Soil Taxonomy (1975), de Xerorthents y Torriorthents (Sánchez, 1975) y, muy excepcionalmente, Haploxerolls, sobre todo en la parte septentrional de la región, y Salorthids, en el fondo de los barrancos y zonas deprimidas que reciben el lavado superficial de sales de las áreas margosas topográficamente más elevadas.

Estos suelos están caracterizados por una vegetación xerofítica muy abierta por lo que, cuando se produce una lluvia violenta, se forman por las aguas de escorrentía numerosos surcos que originan una intensa erosión lineal, evolucionando por abarrancamiento, encajándose rápidamente y dando lugar a una red de drenaje muy densa con barrancos ramificados estrechos y profundos que progresan y retroceden su cabecera a cada temporal importante de lluvias.

Aparece representado este tipo de erosión tan importante, principalmente, en las margas neógenas que se extienden por la depresión de Mula, proximidades de Fortuna, Molina de Segura, Albudeite, Alhama, Moratalla, Calasparra, etc., y en las margas abigarradas del Keuper que afloran sobre todo entre Calasparra y Fortuna.

2. ROCAS SILÍCEAS.

Aparecen principalmente en materiales de origen metamórfico, relativamente bien representados en la parte meridional de la provincia, así como en afloramientos volcánicos de reducida extensión.

Una característica importante de una gran parte de estas rocas metamórficas es la de poseer una buena esquistosidad o laminación, por lo que podría pensarse que es un factor que influye para que la erosión sea más intensa. Pero en realidad, son rocas relativamente compactas y su mayor o menor alterabilidad está en función principalmente de su composición mineralógica, pues de ésta depende su facilidad de meteorización y liberación de materiales para poder formar un suelo que puede ser posteriormente erosionado.

Las rocas básicas, ricas en piroxenos, anfíboles y plagioclasas cálcicas, se alteran más rápidamente liberando, entre otros constituyentes, óxidos de hierro, que provienen de la alteración de los minerales ferromagnesianos, y calcio, liberado principalmente de las plagioclasas. Por tanto, resulta relativamente frecuente encontrar sobre estas rocas suelos de color rojizo y carbonatados que corresponden a Xerorthents, Torriorthents, Xerochrepts y Haploxerolls, a veces con carácter lítico, aunque la mayor parte de ellos han sido erosionados y depositados en zonas deprimidas, como veremos más adelante al tratar de materiales cuaternarios. En raras ocasiones se conservan en estos materiales metamórficos suelos antiguos ilimerizados y rubificados que corresponden a Haplargid, Paleargids y Argixerolls (Albaladejo, 1976).

La erosión de estas rocas metamórficas origina relieves de ladera con pendiente relativamente constante, convexas en algunos casos, y redes de drenaje algo densas como aparecen en la alineación montañosa litoral, proximidades de Lorca y Puerto Lumbreras y Sierra de Carrascosy.

3. ROCAS CARBONADAS CONSOLIDADAS.

Tienen un tipo específico de erosión debido a que las calizas y las dolomías son solubles, por lo que sufren un desgaste tanto exterior, por la acción de los diferentes agentes erosivos, como interior, debido a la disolución ejercida por el agua de lluvia cargada en anhídrido carbónico que se infiltra desde la superficie y que va ensanchando progresivamente las grietas y diaclasas existentes en estas rocas. Rellenando estas cavidades aparecen suelos en cuya formación ejerce notable influencia la orientación topográfica de las sierras calizas, de tal forma que en las solanas hay un predominio de Xerorthents y Xerochrepts, mientras que son muy escasos los Haploxerolls líticos, sin embargo, en las umbrías lo más frecuente es que los suelos presenten un epipedón móllico y correspondan principalmente a Haploxerolls y Calcixerolls (Linares, 1972, y Hernández, 1977).

Estas rocas calizas al ser muy consistentes tienden a dar paredes verticales, originadas principalmente por fenómenos tectónicos, que van retrocediendo y erosionándose paralelamente a sí mismas, ya que en la base de estos escarpes rocosos, donde la humedad es más persistente, los efectos de la disolución son más intensos, mientras que las partes elevadas retroceden por desplomes dando lugar a cañones de paredes verticales, como ocurre en Sierra Espuña, Sierra del Carche, etc. En estas paredes abruptas son importantes los fenómenos de crioclastia que originan, sobre todo en la parte orientada al norte de estas sierras calizas, extensos canchales de derrubios heterométricos.

El agua de escorrentía tiende a infiltrarse en las calizas, originando por disolución depresiones circulares o dolinas, el fondo de las cuales está cubierto por unas arcillas de descalcificación que quedan como residuo después de disolverse la caliza. El agua infiltrada sigue disolviendo las rocas interiormente y puede dar lugar a la formación de una compleja red de simas y cavernas, por donde puede circular el agua subterráneamente.

Aparece este tipo de erosión sobre todo en la parte central de la región, sierras de Ponce y Espuña, y en la septentrional, sierras de Revolcadores, Moratalla, Pila y Carche.

4. FORMACIONES DETRÍTICAS CUATERNARIAS.

Los materiales coluviales y aluviales cuaternarios que se encuentran recubriendo parcial o totalmente las vertientes, depresiones y llanuras de la región se han formado por la erosión de las áreas topográficas más elevadas. Se pueden distinguir sedimentos conglomeráticos, frecuentemente encostrados, y depósitos recientes y actuales.

4.1. *Sedimentos conglomeráticos.*

Suelen formar extensos glacis que descienden con suave pendiente de los flancos de las sierras. No obstante, en las sierras más elevadas, las fuertes pendientes de los cauces torrenciales hacen que, cuando caen lluvias intensas, las aguas sean veloces y turbulentas y que su capacidad sea casi siempre superior a la carga que transportan. En estas condiciones no solamente evacúan todos los materiales erosionados que llegan a los cauces procedentes de las laderas, sino que ejercen, además, una intensa erosión lineal sobre el fondo de los mismos, encajándose. Cuando estos barrancos desembocan en una amplia depresión formada por un curso fluvial o una llanura de las que limitan los macizos montañosos de la región, sus aguas se extienden de una manera brusca sobre una superficie mayor perdiendo velocidad y, por tanto, capacidad de transporte y depositan casi toda su carga, formándose así conos de deyección o abanicos aluviales. La unión de varios abanicos contiguos da lugar a depósitos de piedemonte.

Estas formas de acumulación erosivas aparecen en los márgenes de las sierras, especialmente en lugares donde hay una falla que origina un escarpe del terreno y que tiende a ser cubierto por aportes aluviales. Tenemos buenos ejemplos en la región, pero los conos de deyección mejor desarrollados aparecen en el borde noroeste de la Sierra de Carrascoy, en

el límite entre esta sierra con la llanura formada por los materiales aluviales del río Guadalentín y sus ramblas tributarias.

Los suelos más frecuentes que aparecen en este tipo de formación son Calciorthids, Xerochrepts y Calcixerolls, encontrándose estos últimos en áreas con vegetación espesa natural. Resulta también muy frecuente en estas zonas con ligera pendiente la existencia de Paleorthids y Palixerolls, es decir, suelos con horizonte petrocálcico, constituyendo encostramientos calizos en cuya génesis ha influido notablemente el lavado lateral de aguas cargadas de carbonato cálcico o su forma soluble, procedente de los relieves calizos inmediatos. Estas costras calizas aparecen en algunas ocasiones en superficie, debido a que las aguas de escorrentía han arrastrado los horizontes superiores del suelo, y constituyen un material resistente a la acción de la erosión, por lo que tiende a proteger de ésta a los materiales detríticos subyacentes.

Otras formas de acumulación de abundantes conglomerados son las ramblas. Constituyen el principal aparato acuífero de la región y están formadas por unos cauces anchos y planos que recogen las aguas de lluvia de las áreas circundantes más elevadas. Cuando son intensas, los cauces, normalmente secos, sufren una importante crecida, pudiendo originar graves inundaciones de efectos catastróficos. Es entonces cuando ejercen un intenso poder erosivo debido a la gran cantidad de materiales que llevan en suspensión estas aguas turbulentas. Las ramblas normalmente van a desembocar a ríos, al mar, o se extinguen en las llanuras al carecer de pendiente y llegar a colmatarse de sedimentos.

4.2. *Depósitos recientes y actuales.*

Los aluviones y coluviones cuaternarios que recubren las llanuras de la región: campo de Cartagena, campo de Lorca, altiplano Yecla-Jumilla, etcétera, tienen su origen en la erosión de los relieves que las circundan, de tal manera que, en ocasiones, los suelos de las llanuras reflejan algunas características propias de los suelos de las elevaciones topográficas más cercanas.

Así, los suelos de color rojo más intenso se hallan situados en las cercanías de los relieves metamórficos de la parte meridional. Se trata de relieves sobre los que se formaron en otra época suelos arcillosos y con elevado contenido en óxidos de hierro.

Por el contrario, los materiales procedentes de los relieves calizos constituyen formaciones cuaternarias de color pardo o pardo rojizo, limosos o limoarcillosos, a partir de los cuales se han formado suelos que son

calizos desde la superficie, menos arcillosos que los anteriores y que comprenden la mayor parte de los suelos de estas llanuras.

Los suelos formados en los relieves calizos y metamórficos de la región han estado sometidos en el transcurso del tiempo a fenómenos de transporte y depósito, como consecuencia de la actuación de mecanismos erosivos de diversa intensidad y duración que han dado lugar a la alternancia de fases rápidas y lentas de transporte y depósito de materiales que, además, han debido sucederse varias veces durante el Cuaternario en los períodos pluviales e interpluviales originados por los cambios climáticos.

En la fase de transporte rápido, los suelos situados en los relieves estarían sometidos a una activa erosión, siendo transportados por las aguas de lluvia y depositados en zonas más deprimidas para constituir los materiales originales de futuros suelos. Este período estuvo caracterizado por una geomorfogénesis activa, cuyo agente principal debió ser el arroyamiento ejercido por las aguas en superficie. El relieve evoluciona rápidamente mientras que la edafogénesis se amortigua e incluso puede detenerse. Es una fase en la que los suelos son erosionados o depositados y durante la cual se constituye esencialmente el espesor de aluviones y coluviones.

En la fase de transporte más lento hay un predominio de los procesos de edafogénesis, procesos que resultan particularmente activos en aquellos lugares donde no ha sido destruida la cobertura vegetal natural. La geomorfogénesis es menos intensa, pero no se detiene, sino que prosigue por el efecto de arrastres debidos a movimientos superficiales, así como a movimientos internos. Los arrastres superficiales de esta fase lenta son fenómenos intermitentes causados por el arroyamiento de las aguas y la deflación ejercida por el viento. Los procesos de erosión, transporte y depósito producidos por las aguas funcionan varias veces por año, durante y después de cada lluvia.

BIBLIOGRAFIA

- ALBALADEJO, J. (1976), *El proceso de ilimerización en los suelos del Sureste de España*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Murcia.
- HERNÁNDEZ, J. (1977), *Suelos de montaña sobre rocas calizas. Mineralogía, génesis y clasificación*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Murcia.
- LINARES, P. (1972), *Suelos forestales de la Sierra de la Pila (Murcia). Características generales, mineralogía, génesis y clasificación*, Tesis Doctoral, Facultad de Farmacia, Madrid.
- ORTIZ, R. (1975), *Mineralogía y génesis de los suelos del Campo de Cartagena*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Granada.
- PÉREZ, C. (1979), *Contribución al estudio de los suelos pardo calizos del Sureste de España*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Murcia.
- SÁNCHEZ, G. (1975), *Suelos de Margas miocénicas de Murcia. Mineralogía, génesis y clasificación*, Tesis Doctoral, Facultad de Farmacia, Granada.
- SOIL SURVEY STAFF (1975), *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for macking and interpreting soil surveys*, U. S. D. A., Soil Conservation Service, Washington.