

DINAMICA DEL HIERRO Y ALUMINIO EN LAS TERRAZAS DEL RIO GUALCHOS (GRANADA)

A. Roca*, C. Sierra*, J. Quirantes** y J. Aguilar*

* *Departamento de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Granada*

** *Estación Experimental del Zaidín (CSIC). Granada.*

RESUMEN

La desembocadura del Río Gualchos conserva restos de terrazas cuyos suelos muestran niveles de edafización diferentes y han evolucionado a partir de materiales alóctonos rubefactados que sobreyacen al conglomerado resultante de la colmatación de la cuenca.

El desarrollo de la red fluvial ha arrasado gran parte de esta superficie quedando algunos restos allí donde la erosión fué menos intensa. Son estas reliquias morfoedáficas el objeto del presente estudio.

La dinámica del hierro y aluminio, marcan las diferencias que definen el grado de evolución de los suelos, hechos que se confirman con el análisis mineralógico mediante Rayos X y por el estudio micromorfológico.

Palabras clave: Unidades edafogeomorfológicas. Hierro. Aluminio.

SUMMARY

DYNAMICS OF IRON AND ALUMINIUM ON THE TERRACES OF THE GUALCHOS RIVER

The mouth of the Gualchos river preserves remains rest of terraces whose soils display different levels of pedogenesis and have evolved from rubefacted aloctonous materials located over the geologic formation which filled the basin and formed a conglomerate.

Development of the fluvial courses stripped away large amounts of this surface leaving some residues in those places where erosion was less intensive. These residues are the subject of the present study.

The dynamics of aluminium and iron establish the differences which define the degree of evolution of the soils. This fact is confirmed by mineralogic X-ray analysis and by micromorphologic study.

Key words: Pedogenetic unities. Iron. Aluminum.

INTRODUCCION

Las terrazas que jalonan los corredores fluviales que definen la red hidrográfica de la cuenca del Río Gualchos constituyen una unidad edafogeomorfológica, cuyo conocimiento es básico para establecer la

dinámica de la cuenca y de otras próximas con problemática similar.

Nacen estas superficies mixtas por la superposición de materiales detríticos de origen aluvial en cuencas cerradas (Roca *et al.*, 1990) y posterior disección del manto sedimentario por la red de drenaje, reajuste que provoca gran pérdida de materiales, quedando sólo algunos restos de terrazas en la intersección de los interfluvios (Fig. 1).

En análisis de las formas de hierro es un sistema válido para dilucidar la génesis y grado de desarrollo de suelos rojos, con o sin horizonte iluvial y resulta fundamental en el caso concreto de superficies estructurales como la que aquí nos ocupa. La bibliografía existente en este sentido es muy amplia, entre la que destacan los trabajos de González *et al.* (1987), Ibáñez *et al.* (1987);

Jiménez Ballesta *et al.* (1987), etc.

El hierro en estas formaciones se encuentra como oxihidróxidos insolubles, amorfos o cristalinos y el resto integrado en el bloque octaédrico de los silicatos laminares; el hierro ligado a la materia orgánica es muy escaso.

La intensidad de las alteraciones y neoformaciones queda condicionada tanto a la xericidad y termicidad del clima como al pH y grado de saturación del complejo de cambio.

Los suelos que aquí tratamos están inmersos en ambientes extremos (Sierra *et al.*, 1991), de ahí que la dinámica del hierro y la más inespecífica del aluminio queden relacionadas, fundamentalmente, con la naturaleza y composición de los materiales aluviales sedimentarios.

MATERIAL Y METODOS

Se analizan tres suelos cuya descripción y caracteres generales fueron descritos en un trabajo previo, (Sierra *et al.*, 1991). La metodología seguida es la siguiente:

Hierro total: método de Shapiro and Brannock (1956). El hierro se midió en espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 3058 a una longitud de onda de 248.3 nm.

Aluminio total: método de Shapiro and Brannock (1956). El aluminio se midió en espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 305 B a una longitud de onda de 309.3 nm.

Hierro y aluminio libre: método de Holmgren (1967), empleando una solución de ditionito-citrato sódico. Se midieron en un espectrofotómetro de absorción atómica con las longitudes de onda mencionadas.

Hierro y aluminio amorfo: método de Schwertmann (1964) en Bonneau et Souchier (1979), utilizando una solución de oxalato amónico. Ambos se midieron por espectroscopía de absorción atómica.

El hierro reticular se obtiene de la diferencia entre hierro total y libre; el cristalino, de la diferencia entre libre y amorfo.

Estudio micromorfológico: el suelo tomado en caja Kubiense se incluye en un material plástico consistente en: cronolita (1008), naftetato de cobalto (catalizador) y peróxido de benzoilo (activador); se deja polimerizar y a continuación se corta y pule hasta el espesor deseado (Murphy *et al.*, 1977). La descripción de la lámina se ha efectuado de acuerdo con Bullock *et al.* (1985).

Análisis mineralógico: el estudio de la fracción arcilla se ha llevado a cabo mediante difracción de Rayos

X de agregados orientados, solvados con etilenglicol (Brunton, 1955) y con dimetil sulfóxido (González García *et al.*, 1968). El aparato utilizado es un Philips PW-1729 con rendija de ventana automática y los poderes reflectantes empleados para el análisis semicuantitativo son los de Barahona (1974).

Utilizamos el término *ilita* para designar un conjunto de minerales que presentan estructuras y comportamientos similares a la moscovita.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se concretan los porcentajes de hierro en sus diferentes estados, tanto en la fracción tierra fina como en la de tamaño arcilla, y su relación cuantitativa.

La Tabla 2 hace referencia al aluminio de la fracción tierra fina y de sus relaciones porcentuales.

Los suelos se desarrollan a partir de un material original representado por una facies roja, rica en clastos esquistosos y cuarcitas, pudiendo haber caliza o dolomía, dependiendo del área fuente, pero sin afectar a la matriz acompañante salvo fuerte remoción de los materiales.

De acuerdo con la dinámica del hierro y aluminio, organización de los suelos y composición mineral de la arcilla, se pueden establecer algunas conclusiones sobre la marcha edáfica (Tablas 1 y 2).

El contenido de hierro amorfo, en la tierra fina, es bajo y similar en todos los suelos, con valores que oscilan entre 0.20 y 0.30%; en la fracción arcilla esta incidencia es mayor, va del 0.28 a 0.42%, lo que

justifica una ligera acumulación férrica en la fracción mas fina del suelo.

El hierro libre está integrado en su mayoría por las formas cristalinas, acentuándose el hecho con la profundidad, de manera que se marcan diferencias que permiten definir un horizonte B cámbico. Se observa la evolución genética tipificada por Duchaufour (1984) para suelos fersialíticos rubefactados, y en general para suelos de climas cálidos.

La razón hierro libre/total es menor en la tierra fina que en la fracción arcillosa, mientras que la relación amorfo/libre es mayor, incrementándose este hecho con la profundidad. Blume (1969) incide en este proceso para explicitar el grado de cristalinidad.

La desviación positiva de los resultados en la fracción arcillosa, aparte de influir en la acumulación de hierro cristalino en las fracciones finas, posiblemente en forma de Goethita, lo hace en el color rojo

TABLA 1

Extracción selectiva de Fe en el suelo y en la fracción arcilla.

Suelo	Horiz.	Fe ₂ O ₃ %(tierra fina)					COLOR		Fe ₂ O ₃ %(arcilla)				
		Total(t)	Libre(l)	Amor.(o)	l/t	o/l	Seco	Húmedo	Total(t)	Libre(l)	Amor.(o)	l/t	o/l
5	Ap	2,43	1,21	0,20	49,8	16,5	5YR6/8	5YR3/4	5,04	2,49	0,28	49,4	11,2
	Bw1	2,56	2,33	0,29	65,4	14,4	5YR5/8	5YR3/6	5,74	5,45	0,39	94,9	7,2
	Bw2	4,20	2,91	0,28	69,2	9,6	5YR5/6	5YR4/6	5,71	5,56	0,25	97,4	4,5
28	Ap	3,99	1,88	0,27	47,1	14,3	2,5YR4/6	2,5YR3/6	7,48	3,49	0,31	46,7	8,9
	Bw1	4,28	2,27	0,25	53,0	11,0	2,5YR3/6	2,5YR3/4	7,99	5,51	0,36	69,0	6,5
	Bw2	4,92	2,62	0,22	53,3	8,3	2,5YR3/6	2,5YR3/5	8,00	6,51	0,40	81,4	6,1
	BC	4,94	2,64	0,22	53,4	8,3	2,5YR5/6	2,5YR3/4	8,09	7,14	0,42	88,3	5,9
51	Ap	2,60	1,24	0,25	47,7	20,0	5YR5/6	5YR6/6	6,35	2,99	0,20	47,1	6,7

TABLA 2

Extracción selectiva de Al en el suelo.

Suelo	Horizonte	Al ₂ O ₃ % (tierra fina)				
		Total (t)	Libre (l)	Amorfo (o)	l/t	o/l
5	Ap	4.28	0.37	0.12	8.6	32.4
	Bw1	5.72	0.41	0.14	7.1	34.1
	Bw2	5.19	0.54	0.16	10.4	29.6
28	Ap	5.19	0.34	0.16	6.6	47.1
	Bw1	5.66	0.43	0.21	7.6	48.8
	Bw2	5.88	0.40	0.20	6.8	50.0
	BC	5.64	0.48	0.25	8.5	52.1
51	Ap	4.31	0.32	0.09	7.4	28.1

de los suelos como ya comprobaron Sierra *et al.* (1979) en el área próxima al Padul.

El régimen de humedad y temperatura es xérico y térmico, respectivamente; en estas condiciones no puede haber movilización de bases, por lo que el pH se mantiene neutro o por encima de la neutralidad y el complejo de cambio saturado, condiciones que impiden la movilización coloidal, quedando reducido el proceso genético a un ataque químico puntual durante los cortos períodos húmedos, siendo más acentuado en los horizontes profundos siempre hídricamente más compensados. De esta forma aparece el horizonte cámbico y en ningún caso árgico, a pesar del ligero enriquecimiento en arcilla observado en nuestras determinaciones (Sierra *et al.*, 1991), ya que en el perfil 5 tiene un 15.5% en el horizonte A, un 19.9% en el Bw1 y un 15.3% en el Bw2; en el perfil 28, hay un 29.9% en el hori-

zonte A, 22.2% en el Bw1 y un 19.1% en el Bw2.

La no existencia de cutanes de iluviación o su escasez, invalidan la posibilidad de considerar un horizonte diagnóstico textural a pesar de que por la estructura, textura y coloración pensamos, inicialmente, que se trataba de un suelo rojo mediterráneo, hecho sólo descartado tras el estudio en lámina delgada, donde se ve una transformación de las biotitas contenidas en los esquistos, a arcillas micáceas e impregnación en hierro de las mismas, dando el color rojo y brillo que inducían a error; la lámina delgada muestra claramente una contextura de birrefringencia moteada que indica la no existencia de movilizaciones (Tabla 3).

Es interesante el descenso del hierro y arcilla que se observa en los epipedones. En el campo se manifiesta por tener un HUE menos rojo que los subhorizontes y por su

TABLA 3

Rasgos micromorfológicos.

Perf. Horz.	Homogeneidad	Microestruc.	Distr. rel.	Contex. Bir.	Const. Mine.	G/F	Mat. fino	Amorfos	Rasgos Edaf. Text.
Ap	Poca en composición, y tamaño, Alta en color	Agregados esferoidales y granulares	Enaulica 90% Chitónica 10%	Moteada, Puntualmente granoestriada	Cuarzo mono y polic. biotita, esquistos	3 μ	Poco arcilloso Pardo-amarillento	Raros nódulos de hierro	Arcilla y limono laminar extinción difusa
Bw1	Nada en composición y tamaño. Media en color	Agregados granulares y subangulares	Gefúrica 60% enaulica 30% Chitónica 10%	Moteada	Idem	3 μ	Ferruginoso arcillosos, Rojo	Pocos nódulos de hierro	Arcillas impuras rojas extinción difusa. Como recubrimientos proceden de los esquistos
Bw2	Menos homogéneo en general	Idem	Enaulica 60% Chitónica 20%	Moteada	Idem	3 μ	Idem	Pocos nódulos de hierro irregulares	Idem
Ap	Muy escasa en composición y tamaño, más en color	En bloques subangulares y agregados granulares	Porfírica	Moteada	Cuarzo mono y policrist. esquistos	2 μ	Poco humo arcilloso, Pardo	Abundantes nódulos de hierro	No bien definidos
28 Bw1	Muy poco homogénea	Bloques subangulares	Porfírica	Moteada	Cuarzo mono y polic., esquistos, micas, granates	2 μ	Frecuentes ferruginoso amorfos rojos	Idem	Cútanos muy escasos y discontinuos
Bw2	Muy poco homogénea. Algo más en color	Bloques subangulares	Porfírica	Moteada	Idem	2 μ	Arcilloso ferruginoso rojo	Idem	Algunos cutanes finos y discontinuos
51 Ap	Muy poco homogénea en general	Agregados esferoidales	Gefúrica 80% Chitónica 10%	Moteada y algo granoestriada	Idem	3 μ	Pocos humo arcillosos y ferruginosos	Muy pocos e irregulares	No bien definidos

granulometría algo más gruesa; este fenómeno hay que relacionarlo con el alto grado de erosión, eólica e hídrica, detectado por Quirantes *et al.* (1989), y está activado por la labranza. En ningún caso se puede hablar de un horizonte eluvial, ya que las pérdidas en el horizonte superficial, como se ha señalado, no han sido por percolación mineral en suspensión.

Es difícil establecer una relación entre el color de los suelos y la dinámica del hierro y aluminio. Suelos semejantes han sido estudiados en la Península por Aguilar *et al.* (1971); Sierra *et al.* (1979); Torrent *et al.* (1980); Palomar *et al.* (1986), y aún se mantiene la controversia. En nuestro caso pensamos que los suelos desarrollados sobre estas superficies lo hacen a partir de un material alóctono que llegó ya edafizado a su nueva ubicación y reconduce la edafogénesis de forma pausada a causa del clima y de su propia naturaleza.

El aluminio total y libre (Tabla 2), refleja que su presencia está más ligada a la arcilla y es por ello escaso en forma libre, lo que resulta lógico dado el pH y contenido en bases de los suelos.

El perfil núm. 51 responde al suelo más erosionado, pues únicamente conserva el epipedon ócrico, que descansa directamente sobre el conglomerado basal sin relación genética con él. Analíticamente guarda cierta similitud con los epipedones de los suelos menos degradados a los que se asocia en las terrazas, lo que denota un mismo proceso evolutivo con pérdida de material fino y coloides.

El estudio micromorfológico (Ta-

bla 3) permite delimitar la frontera entre el horizonte iluvial y el de alteración. También pone de manifiesto las diferencias morfológicas existentes entre los perfiles estudiados; así, la microestructura, es fundamentalmente en agregados granulares y esferoidales grandes en el epipedon, y en bloques subangulares en los subhorizontes. La distribución relacionada es enaulica/gefúrica con algo de chitónica o bien porfírica en los más arcillosos.

El contenido en materia orgánica es distinto en los diferentes perfiles, al igual que la cantidad de rasgos edáficos texturales y la cantidad de nódulos de hierro, en su inmensa mayoría irregulares, pequeños y sin inclusiones.

Junto a estas diferencias existen analogías bastante significativas: la contextura de birrefringencia es moteada en todos los horizontes de los perfiles y hay acumulaciones de hierro en mayor o menor cantidad procedentes de los esquistos; también destaca cierta cantidad de cutanes ferriargílicos cuya procedencia no es la iluviación y sí la alteración de biotitas o minerales ferruginosos procedentes de los esquistos.

Las cifras recogidas en la Tabla 4, no tienen más que un valor indicativo y no pretenden representar la cantidad exacta de cada uno de los minerales presentes en la asociación; no tienen otro destino que mostrar la variación mineralógica y el origen de los minerales.

De acuerdo con el estudio de la fracción arcilla, referidos a cantidades relativas de mineral, sin considerar los no laminares, cuyos datos recogemos en la Tabla 4, podemos decir que la composición es típica-

TABLA 4

Difractogramas AA. OO. de la fracción arcilla (Semicuantitativo).

Suelo	Horizonte	Esmectita	Interestr.	Ilita	Clorita	Caolinita	Paragonita
5	Ap	5	(+)	30	33	27	5
	Bw1	5	(+)	31	21	29	14
	Bw2	6	(+)	33	18	28	13
28	Ap	+	(+)	41	23	23	13
	Bw1	++	+	41	23	27	9
	Bw2	++	++	39	22	28	11
	BC	++	+	40	22	30	8
51	Ap	(+)	(+)	39	28	26	7

mente detrítica sin que se de una evolución manifiesta, salvo la transformación observada micromorfológicamente, biotita \rightarrow arcillas micáceas. Hay un predominio de las illitas/caolinitas en todos los suelos de la unidad y bajos porcentajes de paragonita.

El análisis por Rayos X de la tierra fina muestra la presencia de cuarzo en porcentaje próximo al 20% y goethita más hematites, en cantidades del 2 al 5%, fenómeno que hay que tener en cuenta para justificar el HUE del suelo, si bien, como señala

Dorrnsoro (1978), el hierro se exuda de las láminas de biotita y clorita férrica depositándose sobre la superficie de las partículas envolviéndolas y de esta manera, con poco hierro, se colorea intensamente el suelo, hecho que nosotros hemos podido comprobar.

De acuerdo con estas hipótesis hay que pensar que el proceso de alteración continua actualmente, marcando la diferencia los minerales presentes en los clastos incorporados al suelo.

CONCLUSIONES

El desarrollo de los suelos sobre terrazas en la cuenca del río Gualchos, y por extensión en otras cuencas de la Costa del Sol mediterránea, está ligado de una parte a la morfogénesis de las mismas y a la posterior evolución edáfica por procesos de alteración química suje-

tos a la dinámica del hierro y aluminio.

Esta dinámica se pone de manifiesto mediante los valores de las relaciones hierro libre/hierro total y hierro amorfo/hierro libre. Se produce un incremento del hierro libre cristalino con la profundidad

y de forma preferente en la fracción más fina.

El aluminio no marca diferencias significativas en cuanto al grado de alteración.

Los epipedones presentan un grado de erosión similar, con independencia de la potencia del suelo, como es el caso del perfil 51.

El estudio micromorfológico permite confirmar el grado de evolución del horizonte cámbico y la no iluviación de arcilla. El análisis mediante Rayos X confirma la composición típicamente detrítica de la fracción arcilla, salvo la transformación observada micromorfológicamente de biotita a arcillas micáceas.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR, J., DELGADO, M. y ALONSO, J., 1971. Compuestos de hierro existentes en algunos suelos andaluces. *An. Edafol. Agrobiol.*, 30: 109-123.
- BARAHONA, E., 1974. Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: evaluación de algunos ensayos de materias primas. Tesis doctoral de la Universidad de Granada.
- BLUME, H. P. and SCHERTMANN, V., 1969. Genetic evaluation of profile distribution of aluminium, iron and manganese oxides. *Soil Sci. Am. Proc.*, 33: 438-444.
- BRUNTON, G., 1955. Vapor glycolation. *Am. Miner.*, 40: 124-126.
- BULLOCK, P., FEDOROFF, N., JONGERIUS, A., STOOPS, G. and TURSINA, T., 1985. Handboock for soil thin section description. Wolverhampton: Waine Research.
- DORRONSORO, C., 1978. Contribución al estudio mineralógico del Trias subbético. *Rev. Est. Geol.*, 34: 251-261.
- DUCHAUFOR, Ph., 1984. Edafología - 2. Constituyentes y propiedades del suelo. Ed. Masson S. A., Barcelona.
- GONZALEZ GARCIA, F. and SANCHEZ CAMAZANO, M., 1968. Differentiation of kaolinite form by treatment with dymetil - sulfoxide. *Clay Min.*, 7: 447-451.
- GONZALEZ PARRA, J., LOPEZ LAFUENTE, A. y GONZALEZ HUECAS, G., 1987. Estudio edáfico de la Sierra de Cazorla (Jaén). II - Características de Luvisoles. *An. Edafol. Agrobiol.*, 46: 587-600.
- HOLMGREN GEOGE, G. S., 1967. A rapid citrate - ditthionite extractable iron procedure. *Soil Sci. Soc. Amer. Proced.*, 31: 210-211.
- IBAÑEZ, J. J., GALLARDO, J., VIRGIL, R. y JIMENEZ BALLESTA, R., 1987. Suelos con horizontes argílicos en el Macizo de Ayllón y Sierra del Alto Rey (Sistema Central) y su clasificación. *An. Edafol. Agrobiol.*, 47: 1571-1582.
- JIMENEZ BALLESTA, R., IBAÑEZ, J. J., MONTURIOL, F., ALCALA, I. y PALOMAR, M. L., 1988. Fraccionamiento y distribución de óxidos de hierro en superficies de tipo raña y altas terrazas al sur del macizo de Ayllón y Somosierra (Sistema Central). *An. Edafol. Agrobiol.*, 47: 1363-1378.
- MURPHY, C. P., BULLOCK, P. and TURNER, R. H., 1977. The measurement and characterisation of voids in thin sections by image analysis. Part. 1 Principles and techniques. *J. Soil Sci.*, 28: 498-508.
- PALOMAR, M. L., HERNANDO, J. y DE LA CRUZ, M. T., 1986. Contribución al estudio de suelos de alta montaña (Picos de Europa) II. Estudio químico y mineralógico. Génesis. *An. Edafol. Agrobiol.*, 45: 139-150.

- QUIRANTES, J., ROCA, A. y SIERRA, C., 1989. Determinación de la erosión eólica a partir del estudio analítico de los suelos. Actas II Reunión del Cuaternario Ibérico. En prensa.
- ROCA, A., QUIRANTES, J. y SIERRA, C., 1990. Los glaciares y terrazas de la cuenca del Río Gualchos (Castell de Ferro- Granada). 1.^a Reunión Nacional de Geomorfología. Teruel.
- SHAPIRO AND BRANNOCK, 1956. Rapid analysis of silicate rocks. U. S. Geol Survey Bull. 1036: 19-56.
- SIERRA, C., CAMPOS, J., AGUILAR, J. y DELGADO, M., 1979. El color de los suelos y su posible influencia en la fertilidad del olivo. An. Edafol. Agrobiol., 38: 1261-1276.
- SIERRA, C., ROCA, A. y QUIRANTES, J., 1991. Morfología y génesis de las terrazas antiguas de la cuenca del Río Gualchos (Granada). Suelo y Planta, 1: 749-761.
- SCHWERTMANN, U., 1964. The differentiation of iron oxides in soils by their extraction with acid ammonium oxalate. Zeit Pflanz. Bodenk., 105: 194-202.
- TORRENT, J., SCHWERTMANN, U. and SCHULZE, D. G., 1980. Iron oxide mineralogy of some soil of two river terrace sequences in Spain. Geoderma, 23: 191-208.

Recibido de la Comisión: 21-5-91.
Aceptado para publicación: 8-10-91.