

GENESIS DE SUELOS DESARROLLADOS SOBRE CALIZAS CAMBRICAS

por

Juan L. de Olmedo Pujol (1)

En Sierra Morena (Andalucía Occidental) existen suelos desarrollados sobre calizas Cámbricas con un muy alto contenido en óxidos de hierro y manganeso. Se intenta dilucidar su génesis y clasificación, para lo que se comparan con suelos rojos sobre calizas Cámbricas del mismo sistema montañoso.

Material y métodos :

Morfología . -

Perfil I. - Situado en los Marines (Huelva), con calizas Cámbricas como roca madre; la topografía es de ondulada a accidentada y con buen drenaje externo e interno.

A₀+A₁ 0-30 Rojo muy oscuro (10YR 2/2) ó pardo rojizo oscuro (2, 5YR 2/4), textura franco limosa; estructura grumosa media de moderada a fuertemente desarrollada; friable; muy poroso; permeable; no calizo; moderadamente orgánico; raíces medianas; buena actividad biológica; algunas gravas; lfmite difuso y liso.

AB 30-60 Iguales características que el horizonte anterior; menos orgánico; más raíces.

B₂ 60-90 Pardo rojizo oscuro (2, 5YR 2/4); textura limosa; estructura grumosa poliédrica subangular media, moderadamente desarrollada; friable; muy poroso; permeable; no calizo; raíces de diversos tamaños; buena actividad biológica; lfmite difuso y liso.

(1) Centro de Edafología del Cuarto SEVILLA . - SPAIN

GENESIS DE SUELOS SOBRE CALIZAS

- B₃ 90-120 Pardo rojizo oscuro (5YR 3/3); limosa, estructura poliédrica subangular grumosa media, moderadamente desarrollada; friable; poroso; permeable; no calizo; raíces de diversos tamaños; buena actividad biológica; algunas escoritas; límite difuso y liso.
- B₃ 120-150 Como anterior.
- C 150 Bloques de calizas cambrianas ricas en hierro y manganeso.

Perfil II. - Situado en Almaden de la Plata (Sevilla), sobre calizas cámbricas; topografía ondulada y buen drenaje externo e interno.

- A₁ 0-30 Pardo rojizo (5YR 4/4) en seco; franco limoso; estructura grumo particular; ligeramente duro; poroso; permeable; débilmente calizo; bajo contenido de materia orgánica; buena actividad biológica; límite neto e irregular.
- B₂ 30-60 Rojo amarillento (5YR 4/6) en seco; textura como el anterior, aunque algo más arcillosa; estructura poliédrica fina a media, ligeramente desarrollada; hay inclusiones del horizonte superior; límite neto y plano.
- Cca 60-100 Pardo rojizo claro (2, 5YR 6/4) en seco; franco limoso; estructura grumosa; firme a friable; poros finos; permeable; muy calizo; buena actividad biológica; límite neto e irregular.
- C 100. Calizas duras: una ligeramente amarillenta y otra algo más oscura.

Micromorfología (luz normal y universal).

Perfil I (Los Marines). -

- A₀+A₁ 0-4 Restos vegetales bien descompuestos. Humus mull. Distribución relacionada aglomeroplásmica. Agregados secundarios bien acomodados de origen faunal. Espacios vacíos y poros. Presencia de micronódulos en toda la masa del suelo.
- AB 50-54 Humus mull. Distribución relacionada de aglomeroplásmica a intertética. Masa basal ferruginosa, floclulada, con microestructura de esponja. Masa isótropa. Huecos de empaquetamiento compuesto. Con luz universal se observan separaciones pardo negruzcas en el centro, y la gama de amarillo vivo a rojo a pardo y a casi negro (limonita, hematites y mezclas con Mn). Material iluviado relleno de huecos : cutanes granulares amarillo-blanquecinos, amarillos y rojizos o pardo rojizos ; neocutanes rojizos o pardo rojizos oscuros ; transcutanes rojizos. Gran número de micronódulos. Granos de cuarzo muy alterados.
- B₂ 68-72 Masa isótropa, silasépica en algún punto. Distribución relacionada de granular a aglomeroplásmica (granular se consideran microagregados ferruginosos ovoides). Huecos de empaquetamiento compuesto y metahuecos. Transcutanes que acaban en concentraciones rojizas y parduzcas a casi negras; algunas presentan halos glaebulares. Hay menor número de nódulos pardo negruzcos y son más pequeños que en el horizonte anterior. Algún cutan rojizo, tanto en hueco como granular; hay alguno amarillo blancuzco. Los granos del esqueleto son muy pequeños.

GENESIS DE SUELOS SOBRE CALIZAS

B₃ 102-106 Isótropo, silasépico en algún punto. El color de la masa se oscurece. Intertéctico y aglomeroplásmico (floculado). Se observa empaquetamiento compuesto en algún punto. Presencia de hongos. Cutanes granulares amarillos, rojizos y pardo oscuros, asimismo en huecos (ferrans y mangans). Los puntos negros son más pequeños, formando parte de la masa, por lo que se oscurece el color general. Nódulos y concreciones ferromangánicas. Hay alguna separación amarillenta. Granos minerales de mayor tamaño que en el caso anterior. Asociadas a separaciones pardo rojizas y pardo negruzcas, hay otras amarillentas.

B₃ 125-129 Como anterior. Aumenta fuertemente la presencia de pápulas arcillosas. Los granos del esqueleto son más pequeños y en menor proporción que en el caso anterior.

Perfil II (Almadén de la Plata). -

A₁ 0-8 Restos vegetales bien descompuestos. Humus mull. Distribución relacionada aglomeroplásmica. Con luz reflejada el plasma es de color naranja con separaciones pardas; por transparencia, de amarillo pálido a pardo rojizo. Microconcreciones arcillo-ferruginosas en toda la masa del suelo; cristalarias calizas de diverso tamaño y forma. Transcutanes húmico arcillo ferruginosos isótropos.

A₁ 22-33 Como anterior; mayor número de nódulos.

B₂ 52-60 Masificación de transcutanes. Nódulos y concreciones ferruginosas.

Cca 112-120 Distribución relacionada aglomeroplásmica. Gran número de poros en el interior de los agregados. Nódulos calizos de diverso tamaño, en general redondeados. Transcutanes calizos.

Métodos.

Las determinaciones generales (materia orgánica; carbono; nitrógeno; pH; CO_3Ca ; capacidad de cambio e iones cambiables) se han realizado según es habitual en el Centro de Edafología del Cuarto (González et al., 1968).

El análisis mecánico se ha llevado a cabo por sedimentación, extrayendo las fracciones sucesivamente hasta su total agotamiento.

Iones cambiables con CINH_4 (7ª Aproximación Americana).

Análisis químico total del suelo (Jacob, 1944).

Análisis térmico diferencial, rayos X y Micromorfología, según se efectúa en el Centro de Edafología del Cuarto (Olmedo, 1970).

Discusión.

De los resultados puede colegirse, a grosso modo, similitud en la génesis de ambos suelos, siendo determinante la roca madre.

Tal relación se confirma especialmente en el suelo rico en sesquióxidos, donde la razón hierro soluble a hierro roca es 8,6, mientras que en el manganeso es 7,1, indicando gran similitud y evoluciones paralelas. Tal relación, en el suelo desarrollado sobre caliza pobre en sesquióxidos, para el hierro es de 11., valor similar al ya encontrado para el de la caliza rica en sesquióxidos.

La riqueza en sesquióxidos de los suelos, hierro y manganeso, tiene el excepcional interés de poder conocer su evolución, cosa difícil al ser los suelos de la zona mediterránea no muy ricos en hierro y muy pobres en manganeso.

GENESIS DE SUELOS SOBRE CALIZAS

TABLA I

Determinaciones químicas generales : Los Marinos y Almaden de la Plata

Perfil	Hori- zonte	M.O.	C	N	C/N	pH		CO ₃ Ca	T
						H ₂ O	ClK		
I	A ₀ +A ₁	3.29	1.97	0.17	11.2	6.95	6.00	0.0	20.7
	AB	0.76	0.44	0.06	7.3	7.00	6.25	0.0	8.8
	B ₂	0	0	0.03	-	7.00	6.45	0.0	8.0
	B ₃	0	0	0.03	-	6.7	6.4	0.0	5.2
	B ₃	0	0	0.03	-	6.8	6.2	0.0	4.3
II	A	3.07	1.79	0.11	16.1	7.4	6.6	2.4	11.95
	B ₂	0.6	0.35	0.05	7.0	7.4	6.45	0.9	12.80
	Cca	0.76	0.44	0.03	14.6	8.0	7.1	72.0	3.2

TABLA II
Análisis químico total

Perfil	Hori- zonte	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	MgO	CaO	K ₂ O
I	A ₀ +A ₁	27.00	16.17	36.70	5.90	0.4	1.79	0.99	0.67
	AB	23.15	9.97	46.64	11.52	0.39	1.99	0.0	0.71
	B ₂	16.17	12.97	53.34	5.32	0.36	1.77	0.0	0.58
	B ₃	16.86	9.28	55.59	6.31	0.27	1.95	0.0	0.27
	B ₃	12.85	17.44	48.14	6.53	0.30	2.48	0.0	0.22
R		1.34	0.95	5.57	1.23	0.08	17.3	30.56	0.0
II	A	57.88	12.98	5.67	0.22	0.33	8.44	3.78	2.71
	B ₂	61.11	14.24	6.23	0.13	0.45	6.88	2.34	3.28
	Cca	16.10	2.37	1.4	0.019	0.03	0.93	43.34	0.95
	R ₁	4.83	0.4	0.2	0.015	0	1.74	51.57	0.19
	R ₂	0.0	0.37	0.0	0.032	0.06	0.44	55.15	0.0

Na	m.e.g. / 100 grs				S	T-S	V	C1NH4
	K	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺ /Mg ⁺⁺				
0	0.46	12.7	4.8	2.64	17.96	2.81	86.47	30.5
0	0.2	5.8	2.24	2.59	8.24	0.56	98.64	18.69
0	0.13	5.7	2.10	2.71	7.93	0.07	99.12	11.8
0	0.03	3.7	1.4	2.64	5.18	0.02	99.61	7.87
0	0.03	3.9	0.32	12.19	4.25	0.05	98.84	8.85
0	0.5	9.85	1.6	6.16	11.95	0	100.-	-
0	0.38	11.32	1.1	10.29	12.80	0	100.-	44.28
0	0.04	1.96	1.2	1.62	3.2	0	100.-	55.10

Na ₂ O	Calc.	ppm Fe L _e	%Fe L/T	SiO ₂ /R ₂ O ₃	SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /Fe ₂ O ₃
0	0.08	39686	10.81	1.09	1.96	2.52	0.77
0	5.76	40650	8.71	0.69	1.32	3.94	0.33
0	10.48	39772	7.45	0.58	0.81	2.12	0.38
0	11.67	44906	8.07	0.63	0.81	3.08	0.27
0	12.97	43339	9.0	0.45	0.71	1.25	0.56
0	56.40			0.5	0.64	2.4	0.27
0.89	7.51	7674	13.53	5.77	27.13	7.57	3.59
0.76	4.88	7444	11.95	5.52	26.08	7.28	3.59
0.50	35.58	4788	34.20	7.5	30.44	11.55	2.65
0.0	40.89			15.69	66.66	20.50	3.13
0.0	43.38						

GENESIS DE SUELOS SOBRE CALIZAS

TABLA III

Análisis mecánico y contenidos de hierro total y libre en las distintas fracciones del suelo

Hori- zonte		Perfil I			
		A.G.	A.F.	L	Ar
A ₀ +A ₁	% Fe total	30.52	26.26	54.74	28.02
	% Fe libre	4.06	9.19	18.37	11.32
	% Fracción	9.74	21.43	59.46	9.39
AB	% Fe total	30.78	21.12	56.04	51.67
	% Fe libre	4.14	12.0	17.13	14.72
	% Fracción	9.89	19.29	55.60	15.21
B ₂	% Fe total	35.86	29.18	57.15	62.65
	% Fe libre	4.65	10.04	15.14	16.97
	% Fracción	4.56	13.97	40.43	41.04
B ₃	% Fe total	26.82	19.26	56.92	62.35
	% Fe libre	5.5	10.07	19.32	18.37
	% Fracción	8.68	17.89	41.40	32.02
B ₃	% Fe total	28.65	32.81	54.94	57.82
	% Fe libre	5.44	10.64	15.61	18.62
	% Fracción	8.09	16.44	47.87	27.60

Horizonte		Perfil II			
		A.G.	A.F.	L	Ar
A	% Fe total	3.44	3.93	5.40	12.24
	% Fe libre	1.07	1.52	2.36	7.49
	% Fracción	7.68	42.55	34.32	15.44
B ₂	% Fe total	6.45	4.20	5.12	10.58
	% Fe libre	2.18	2.21	2.54	6.48
	% Fracción	8.07	41.17	31.19	19.57
Cca	% Fe total	1.30	1.26	1.77	13.34
	% Fe libre	0.56	0.68	0.92	7.04
	% Fracción	21.56	39.19	30.50	8.74

GENESIS DE SUELOS SOBRE CALIZAS

TABLA IV

Datos de difracción de rayos X de la fracción arcilla de los horizontes de los perfiles

$d (\text{Å})^{A_0+A_1}$ I		$d (\text{Å})^{AB}$ I		Perfil I		$d (\text{Å})^{B_3}$ I		$d (\text{Å})^{B_3}$ I	
				$d (\text{Å})^{B_2}$ i					
7.04	mD	7.04	diff.	7.12	D	5.45	mD	10.68	mD
6.59	mD	5.03	mD	4.99	D	4.94	mD→D	9.55	mD
5.57	mD	4.42	D	4.45	mD	4.60	M	7.31	banda
5.39	mD	4.14	F	4.17	mF	4.18	F	4.99	D→M
4.95	mD	3.70	M	3.70	mD	3.70	mD	4.67	C
4.46	D→M	3.34	M	3.34	D	3.38	mD	4.18	mF
4.19	D→M	2.92	D→M	3.02	mD	2.96	D	3.38	D→M
3.69	mD	2.68	F	2.99	mD	2.92	mD	3.08	mD
3.42	mD	2.56	mD	2.70	F	2.69	F	2.96	mD
3.33	F	2.52	mF	2.58	D→M	2.58	mD→D	2.84	mD
3.25	mD	2.43	M→F	2.51	D→M	2.44	F	2.69	F
3.10	mD	2.29	mD	2.43	F→mF	2.25	mD→D	2.57	D
2.95	D	2.20	D	2.24	M	2.19	mD→D	2.50	D(banda)
2.68	M	2.17	M→F	2.19	M→F	1.88	mD	2.45	mF
2.57	D→M	1.95	mD	2.04	mD	1.71	M→F	2.39	mD
2.51	mF	1.81	M	1.99	mD	1.69	mD→D	2.30	mD
2.44	D→M	1.77	D	1.92	mD	1.66	mD	2.25	D→M
2.19	M	1.70	D→M	1.79	mD	1.56	M	2.19	M
2.11	mD	1.67	mF	1.71	M→F	1.50	M	2.10	mD
2.08	mD	1.63	mD	1.68	M	1.45	M	2.00	mD→D
1.81	D	1.58	D	1.59	mD			1.92	D
1.69	M→F	1.55	D	1.56	M			1.89	mD
1.60	D	1.50	D	1.50	M			1.80	D
1.56	mD	1.46	D	1.45	M			1.77	mD
1.54	mD	1.44	F					1.72	F
1.50	mD							1.69	D
1.47	M							1.68	mD
1.45	M							1.56	M→F
								1.51	M→F
								1.46	M→F

Perfil II					
d (Å) ^o	A	d (Å) ^o	B ₂	d (Å) ^o	C _{ca}
	I		I		I
13.9	F	9.96	M(dif)	14.43	M-F
10.1	D-M	7.48	M(dif)	10.11	D-M
9.31	F-M	4.90	mD-D	9.37	mD
8.50	mD-D	4.46	F	7.16	D
7.12	M	4.19	D-M	4.96	D
4.73	mD	3.83	mD	4.72	mD-D
4.58	D-M	3.51	D	4.57	D
4.47	F	3.34	mF	4.46	F-mF
4.25	D	3.23	mD	4.16	F
4.15	mD	3.10	D	3.48	mD
3.57	D	3.00	mD	3.42	mD
3.34	mF	2.85	mD	3.34	mF
3.24	mD	2.69	D	3.21	mD
3.12	M-F	2.57	M	3.12	mD
2.98	mD	2.50	mD	2.97	mD
2.87	mD	2.43	D	2.81	M-F
2.70	D-M	2.20	D-M(dif)	2.70	D
2.57	M	2.00	D(dif)	2.60	mD
2.50	D	1.81	D-M(dif)	2.56	M
2.36	mD	1.69	M-F(dif)	2.51	mD-D
2.27	mD	1.53	F	2.43	F
2.22	mD	1.49	M-F(dif)	2.39	mD
2.20	mD-D	1.45	D-M(dif)	2.24	mD-D
2.17	mD-D			2.19	mD
2.13	D			2.13	mD
2.00	D(dif)			1.99	M
1.83	mD			1.91	mD
1.81	D-M			1.81	mD
1.72	mD			1.79	mD
1.69	D(dif)			1.71	D
1.67	D			1.55	mD
1.56	mD			1.53	D-M
1.53	D-M(dif)			1.50	D-M
1.50	D-mD(dif)				
1.45	mD(dif)				

534 TABLA V
Análisis térmico diferencial de las fracciones arcilla

Perfil I		(en corriente de N ₂)	
A ₀ +A ₁	en.	100°; 195°; 210°; 620°	
	ex.	315°; 480°; 550°; 570°; 930°	
A ₀ +A ₁	en.	75°; 165°; 315°; 500°; 600°; 970°	
	ex.	260°; 405°; 510°; 700°; 800°	
AB	en.	100°; 300°; 530°; 820°	
	ex.	295°; 330°; 405°; 800°; 990°	
B ₂	en.	80°; 200°; 305°; 330°; 405°; 510°	
	ex.	235°; 380°; 460°; 920°	
B ₃	en.	100°; 190°; 305°; 530°; 705°	
	ex.	150°; 250°; 480°; 670°; 960°	
B ₃	en.	60°; 115°; 180°; 300°; 305°; 505°; 565°; 800°; 970°	
	ex.	95°; 230°; 450°; 730°; 890°	
Perfil II			
A	en.	100°; 125°; 535°; 715°; 803°	
	ex.	200°; 230°; 355°; 795°; 990°	
B ₂	en.	95°; 110°; 315°; 510°; 695°; 800°; 930°	
	ex.	100°; 210°; 350°; 580°; 675°; 790°; 920°	
en.: picos endotérmicos; ex.: picos exotérmicos.			

Se constata formación de hematites en superficie, lo que al parecer se pone en duda pudiera ocurrir en esta zona (Revel, 1972 y otros), donde es dominante y está bien cristalizada; en el suelo sobre caliza pobre en sesquióxidos es asimismo en superficie donde se detecta hematites.

El manganeso cristaliza en superficie bajo sus formas más estables, tal como pirocroíta y manganosita, aunque ya se detecta algo de psilomelano por la acción de la materia orgánica. El máximo contenido de manganeso está en el horizonte de transición al B, donde es máxima la concentración de raíces, observándose microscópicamente asociados manganeso y raíces, estando como dominantes pirocroíta y manganosita, acompañando al psilomelano la pirolusita, que junto a los primeros y la materia orgánica es posible formen el psilomelano.

Las condiciones más húmedas y frescas, aunque no reductoras de los horizontes inferiores, B₂ y B₃, permiten la formación de goethita y su equivalente de manganeso, groutita. El manganeso aparece además como criptomelano, y junto a la roca madre hay que añadir manganosita, birnesita y psilomelano. Con la profundidad, los horizontes son más amarillentos acorde con el aumento de goethita.

En cuanto a clasificación es francamente problemático encajar el suelo rico en sesquióxidos, no así el pobre en sesquióxidos, que se considera Petrocalcic Palexeralf, al tener la gradación de horizontes: ócrico, argílico, calcico y petrocálcico, y estar el último a menos de 1,5 metros de la superficie.

El suelo rico en sesquióxidos, con su secuencia de horizontes mólico, argílico, óxico y petrocálcico es francamente difícil introducirlo en los órdenes de la clasificación americana.

En los óxisoles no se puede incluir pues el óxico se encuentra bajo un argílico. No es posible considerarlo utisol al ser el porcentaje de saturación en bases del horizonte argílico superior al 35 %. Tampoco Alfisol, pues

GENESIS DE SUELOS SOBRE CALIZAS

tiene epipedon mólico y porcentaje de saturación en bases del horizonte argílico superior al 50 %. Cabría la posibilidad de introducirlo en los molisoles, pero este orden no se asocia nunca a horizontes óxicos. Así pues, es imposible adscribirlo a los distintos órdenes factibles, por lo que o se introduce uno nuevo o bien se adscribe a alguno de ellos en función de los procesos genéticos, aunque no se cumplan todos los requisitos necesarios.

Se ha podido colegir el paralelismo genético en ambos tipos de suelos, aunque con variantes, por ejemplo la presencia de restos de una costra limonítica en la parte superior del horizonte óxico, que es posible indique desarrollo de parte del perfil bajo clima más tropical que el actual, diferencia que se acusa también observando los granos del esqueleto de los distintos horizontes; Asimismo, la presencia del horizonte mólico en el perfil de Los Marines es debido a los óxidos de hierro presentes, por la relación directa existente entre contenido de óxidos de hierro y estructura del suelo (Lutz, 1937; Filipovich, 1956; etc). El suelo rojo de Almaden es alfisol por lo que el de Los Marines podría considerarse lo mismo, pero marcado por el elevado contenido de óxidos de hierro y manganeso, que bajo clima mediterráneo no es posible la desaturación que permitiría su inclusión entre los ultisoles.

Al ser el clima mediterráneo determinante se incluye entre los de régimen xérico: xeralf. Los óxidos de hierro originan epipedon mólico, por lo que parece oportuno introducir un gran grupo en que tales óxidos lo caractericen: Ferrixeralf. En un primer estadio no habría más subdivisiones.

En cuanto a la clasificación de Kubiena (1953), el de Los Marines se considera tierra parda ferrítica y el de Almaden de la Plata terra rossa.

En la clasificación francesa, el ferruginoso no en-

caja bien en los apartados existentes, por lo que se propone el término suelo ferruginoso fersialítico, y el no ferruginoso se puede considerar suelo rojo fersialítico no lavado.

Conclusiones.

- Son suelos de génesis paralela : disolución de caliza y reorganización del residuo en horizontes.
- La caliza Cámbrica rica en menas metálicas, origina la secuencia de horizontes: mólico, argílico, óxico y petrocálcico. La pobre en menas metálicas: ócrico, argílico, cálcico y petrocálcico.
- El horizonte mólico es función directa del elevado contenido de óxidos de hierro y manganeso. Hay evidencia micromorfológica de iluviación en ambos perfiles: presencia de cutanes y transcutanes. Se confirma presencia de horizonte óxico al tener menos de 10 meq/100 g. de suelo al extraer con CINH_4 normal. Las formas de disolución de la caliza son distintas en uno y otro caso.
- Evoluciones paralelas de los compuestos de hierro y manganeso : Hay neoformación de hematites en los horizontes superficiales de ambos perfiles y maghemita en el epipedon mólico.

Oxidos de manganeso estables predominan en superficie: pirocroita y manganosita, acompañados por psilomelano. El contenido de manganeso es máximo en la transición al horizonte B, observándose microscópicamente asociado a los restos orgánicos del suelo, y presencia, además de los presentes en el caso anterior, de pirolusita.

En profundidad predominan compuestos menos estables: goethita, criptomelano, manganosita y psilomelano.

- El suelo rico en sesquióxidos se clasifica como Ferri

GENESIS DE SUELOS SOBRE CALIZAS

xeralf en la Clasificación Americana, suelo ferruginoso fersialítico en la Clasificación Francesa y tierra parda ferrítica en la Clasificación de Kubiéna. El suelo pobre en sesquióxidos, según el orden anterior, se considera como : Petrocalcic Palexeralf, Suelo rojo fersialítico no lavado y terra rossa.

SUMMARY

Genesis of soils developed on Cambrian Lime (West Andalusia, Spain) are studied. Exist hematites neoformation in the upper layer of the soils and goethite at the depth; manganese oxides have similar evolution. A new term of american classification is introduced for soil with high content of sesquioxides: Ferrixeralf; also for the french classification: Fersialitic ferruginous soil; and Ferritic brown earth is considered in Kubiéna's classification.

Bibliografía.

- FILIPOVICH, Z. S. 1956. Absorption of colloids by soils and the formation of structure - Pochvovedenie, nº2, 16-26.
- GONZALEZ, F. et al. 1968. Equilibrio nutritivo en variedades de olivar de mesa de la provincia de Sevilla (España). Rapp. del II Coloquio Eur. y Med. sobre el control de la Alim. de las Plantas Cultivadas. Sevilla, pag. 189-213.
- JACOB, J. 1944. Guía para el análisis de las rocas C. S. I. C. - Madrid.
- KUBIÉNA, W. L. 1953. Claves sistemáticas de Suelos. C. S. I. C. - Madrid.
- LUTZ, V. F. 1937. The relation of free iron in the soil aggregation Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1, 43-45.

J. L. OLMEDO

OLMEDO, J. L. 1970. Contenido, formas y distribución del hierro en suelos de Andalucía Occidental. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad de Sevilla.

REVEL, J. C. 1972. Recherche sur l'origine de la rubefaction des terres rouges méditerranéennes - Tesis Doctoral, Universidad Paul Sabatier, Toulouse.

SOIL SURVEY STAFF, 1973. Soil Taxonomy. U. S. D. A.