

## DEPARTAMENTO DE EDAFOLOGIA

Prof. Dr. MIGUEL DELGADO

POTENCIAL REDOX EN SUELOS DE LA ZONA DE  
CABO DE GATA (ALMERIA)

GARCIA TRENADO, J. G. ; AGUILAR, J. ; GARCIA NAVARRO, A. y DELGADO, M.

## RESUMEN

En el presente trabajo estudiamos la relación entre el potencial redox y una serie de factores que lo condicionan, en un total de ocho perfiles procedentes de la zona de Cabo de Gata (Almería) y desarrollados todos ellos sobre roca caliza o rica en carbonato cálcico bajo clima subdesértico-cálido. Encontramos que el valor del Eh está relacionado con los contenidos en materia orgánica y manganeso y con el valor del pH, en cambio no guarda relación con el contenido en hierro.

## SUMMARY

In the present paper we study the relationship among redox potential and some of the factors that they condition it, in eight soil profiles from Cabo de Gata región (Almería-Spain), all them are developed on limestone or other richo in calcium carbonate, rocks. The climate is warm-subdesertic. We found the Eh value is related with the amounts of organic matter and manganese and the pH value. The Eh value is not related with the iron content.

El suelo se define por muchos autores, como un sistema disperso constituido por tres fases, sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida, obviamente la más importante, tiene dos constituyentes fundamentales: sustancias orgánicas e inorgánicas. Las primeras comprenden el humus y los restos de vegetales y animales en descomposición, presentándose en estado reducido y por tanto susceptibles de oxidación. La fase sólida inorgánica que engloba a los minerales primarios y al llamado complejo de alteración, está fundamentalmente oxidada y por tanto susceptible de reducirse.

Tenemos en un mismo medio, el suelo, y unos agentes oxidantes que deben llegar a un equilibrio. En la parte inorgánica del suelo, destacan los elementos hierro y manganeso por sus diferentes estados de valencia. Así pues debemos considerar estos elementos junto con la materia orgánica como los tres factores principales, pues condicionan el potencial redox de un suelo; sin que ello excluya a otros factores coadyuvantes que en algunos casos influirán sobre el estado de oxidación de los elementos citados. Tales factores podrían ser: temperatura, humedad, pH, etc.

El pH afecta al Eh en la siguiente forma: la acidez aumenta el poder reductor en los suelos, de forma muy acusada en los de textura arenosa; el valor de la relación  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  varía. A pH = 4 el estado ferroso es el más estable para un valor total de Eh inferior a 500 mV, mientras que el hierro férrico no se reduce a pH = 6 más que para un valor de Eh inferior a los 100 mV. Estas observaciones se confirman en el estudio de perfiles de suelos, así mientras que en los suelos pseudogley la acidez juega un papel esencial y el Eh es bastante elevado en los gley el Eh es más bajo y el medio reductor, incluso a pH = 7.

También de estación a estación un suelo dado puede variar su potencial redox. Muchos suelos tienen en la primavera capas freáticas altas pero el nivel baja a medida que avanza la estación (suelos tipo gley). El ritmo de disminución es importante ya que determina en qué momento de la primavera puede trabajarse la tierra, cuánto va a durar la temporada de crecimiento y para qué cosechas sirve el suelo. Este ritmo de disminución puede determinarse mediante lecturas de Eh y dichas lecturas hechas periódicamente durante la estación nos pueden revelar a qué distancia de la superficie están las condiciones reductoras debidas a la saturación y a qué velocidad desaparecen las condiciones de reducción del perfil utilizable.

El potencial redox indica el equilibrio o nivel de cesión o recepción de los electrones en el momento, lo cual tiene una relación bastante estrecha con el potencial de contacto entre las raíces y los suelos y entre los microorganismos y los suelos.

Hay bastantes pruebas de la existencia de un potencial de oxígeno determinado, debido al oxígeno disuelto en las soluciones del suelo. MULLIS y otros, o bien han hecho burbujear nitrógeno a través de las suspensiones del suelo o bien han llenado el frasco de nitrógeno para determinar el oxígeno disuelto. BUERER y colaboradores descubrieron que los valores de Eh de las suspensiones de

suelos descendían de una manera muy sensible cuando se burbujeaba nitrógeno a través de ellas, pero se elevaba muy pronto una vez terminado el burbujeo. Esto indica que el oxígeno disuelto en la solución es causa de una parte del potencial medido. Si esto es así, indica que las medidas de potencial pueden ser útiles para diferenciar un agua estancada de un agua fresca. En efecto, las experiencias de PIERCE al estudiar los potenciales redox del agua de suelos de Winsconsin, indican con bastante claridad que el valor del Eh del agua del suelo tiene una estrecha relación con el contenido de oxígeno disuelto de este agua y ambos a su vez están relacionados con el tipo de vegetación.

A pesar del enorme interés práctico que tiene el conocimiento del potencial redox del suelo, son pocos los estudios realizados acerca del mismo. En España solo conocemos el de GUTIERREZ RIOS (1944) y en él sólo se indica el procedimiento para llevar a cabo las determinaciones.

#### MATERIAL Y METODOS

Hemos empleado para este estudio ocho muestras de diferentes suelos, procedentes de la zona de Cabo de Gata en Almería y cuya descripción y localización incluimos junto con los resultados de su análisis para ganar coherencia en la exposición.

Los métodos empleados son los usuales y que indicamos a continuación:

1) Determinación de carbonatos. Seguimos el método clásico del calcímetro de BERNARD.

2) Determinación de materia orgánica.—Hemos utilizado el método de ANNÉ (1945) según lo describe DUCHAUFOUR (1970).

3) Determinación de nitrógeno.—El método de KJELDALH siguiendo las técnicas descritas por BOUAT y CROUZET (1965).

4) Determinación de fósforo asimilable.—Se ha realizado de acuerdo con el método de CAPITAN y MARTINEZ (1954).

5) Determinación de hierro total.—Tras ataque ácido con una mezcla de ácido fluorhídrico y sulfúrico, seguimos la técnica complejométrica, usando EDTA y ácido salicílico como indicador, según SCHWARZENBACH (1959).

6) Determinación de hierro ferroso.—Seguimos la técnica de SHAPIRO, L. y BRANNOCK, W. W. (1962).

7) Determinación de hierro libre.—Se hace la extracción con oxalico-oxalato a  $\text{pH} = 3,6$ , se agita durante una hora y se filtra. Se elimina todo el carbono orgánico con sulfúrico concentrado y perclórico. Finalmente se valora complexométricamente con EDTA.

8) Determinación de manganeso.—En la misma solución empleada para la valoración del hierro total se determina por fotometría de llama.

9) Determinación de la capacidad de cambio de cationes.—Utilizamos la técnica del nitrato de cobalto, consistente en tratar 5 g de tierra fina con 30 ml de una solución 1N de nitrato de cobalto, centrifugando tres veces y desechando los líquidos sobrenadantes. Lavar varias veces con alcohol de 96° y centrifugar otras tres veces con una solución de cloruro de calcio 2N. Recogiendo las tres porciones de líquido sobrenadante y enrasando a 100 ml. Tomar 20 ml de éste, adicionar SCNK y acetona, con lo que toma color azul que sigue la ley de Lambert-Beer y que medimos con un fotocolorímetro Spectronic-20

10) Determinación de los cationes de cambio.—Se realiza la extracción con acetato amónico 1N ( $\text{pH} = 7$ ). Se determinaron los cationes: sodio, potasio, calcio y magnesio, todos ellos por fotometría de llama.

11) Determinación de cloruros.—Tras su extracción por percolación con agua destilada, se valoran por el método de Mohr. CHARLOT, G. (1961).

12) Determinación de sulfatos.—Se extraen lo mismo que los cloruros y se valoraron gravimétricamente por precipitación con cloruro bórico. CHARLOT, G. (1961).

13) Determinación de pH.—Se procede a obtener una suspensión suelo-agua en relación 1:1 y otra suelo-cloruro potásico 0,1N, en la misma relación. Para la determinación se utiliza un pH-Meter-Radiometer tipo PHM 28.

14) Determinación de Eh.—Se procede como en el caso del pH realizando la medida en el mismo aparato.

15)—Análisis mecánico.—Se sigue el método internacional de la Pipeta de Robinson (1922).

## RESULTADOS EXPERIMENTALES

## PERFIL N.º 1

*Localidad.*—Término municipal de Níjar.

*Situación.*—Carretera Almería-Carboneras, en la confluencia con la del Barranquete.

*Altitud.*—60 metros.

*Topografía.*—Pendiente cóncava muy suave.

*Drenaje.*—Externo bueno; interno impedido.

*Vegetación.*—Timeleas, pitas, etc.

*Roca madre.*—Caliza.

*Tipo de suelo.*—Suelo pardo calizo sobre material consolidado.

Hor.	Profundidad en cm	Descripción
A <sub>1</sub>	—	Horizonte barrido por la intensa erosión a que está sometida la zona.
(B)	0-50	Presenta un color pardo amarillento (10 YR 5/6), con textura areno-limosa. Estructura granular muy poco consistente. Raíces poco abundantes y finas. Muy calizo.
C	> 50	Calizas muy duras.

## PERFIL N.º 1

## Análisis mecánico y carbonatos %

Hor.	Prof. cm	A. Gruesa	A. Fina	Limo	Arcilla	CO <sub>2</sub> Ca
(B)	0-50	20'19	47'62	8'52	6'52	16'34

## Reacción y fertilizantes %

Hor.	pH		Eh mV	M.O.	N <sub>2</sub>	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe(T)	Fe <sup>++</sup>	Fe(L)	Mn
	H <sub>2</sub> O	ClK									
(B)	9'3	8'5	120	1'19	0'551	2'35	0'052	2'03	0'05	0'76	0'0254

## Complejo de cambio meq./100 g

Hor.	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	T	V %	Cl—	SO <sub>4</sub> =
(B)	19'80	10'58	0'61	1'04	32'03	28'0	100	0'64	5'04

## PERFIL N.º 2

*Localidad.*—Término municipal de Carboneras.

*Situación.*—Carretera Nijar-Carboneras a 0'5 Km de este último.

*Orientación.*—N - NO.

*Altitud.*—20 metros.

*Topografía.*—Colinada.

*Pendiente.*—15 %.

*Vegetación.*—Chumberas y algarrobos.

*Roca madre.*—Andesitas hipersténicas.

*Tipo de suelo.*—Suelo pardo calizo.

Hor.	Profundidad en cm	Descripción
A <sub>1</sub>	0-20	Color de pardo a pardo-oscuro (7'5 YR 4/4). Textura limo-arenosa. Estructura granular con muchos fragmentos de roca. Transición bastante neta con el horizonte inferior.
(B)	20-100	Color rojo amarillento (5 YR 5/6). Textura limo-arcillo-arenosa. Estructura poliédrica subangular con consistencia media y agregados cementados.
C	> 100	Andesitas hipersténicas.

## PERFIL N.º 2

## Análisis mecánico y carbonatos %

Hor.	Prof. cm	A. Gruesa	A. Fina	Limo	Arcilla	CO <sub>3</sub> Ca
A <sub>1</sub>	0-20	27'51	32'65	23'90	12'58	2'96
(B)	20-100	18'10	28'87	24'08	15'72	12'83

## Reacción y fertilizantes %

Hor.	pH		Eh mV	M.O.	N <sub>2</sub>	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe(T)	Fe++	Fe(L)	Mn
	H <sub>2</sub> O	ClK									
A <sub>1</sub>	8'1	7'4	150	1'12	0'108	6'01	0'131	2'67	0'17	0'97	0'0214
(B)	7'9	7'3	170	0'75	0'074	5'87	0'084	3'34	0'12	0'87	0'0205

## Complejo de cambio meq./100 g

Hor.	Ca++	Mg++	K+	Na+	S	T	V %	Cl—	SO <sub>4</sub> =
A <sub>1</sub>	23'70	17'08	0'97	0'50	42'20	42'3	100	0'78	6'04
(B)	24'10	18'33	1'56	0'91	44'90	41'8	100	1'04	6'20

## PERFIL N.º 3

*Localidad.*—Término municipal de Níjar.

*Situación.*—Carretera Almería-San Isidro, a 2 Km del desvío al Barranquete.

*Orientación.*—S - SE.

*Altitud.*—80 metros.

*Topografía.*—Llanura.

*Agricultura.*—Cultivo de cereales.

*Roca madre.*—Roca ígnea básica.

*Tipo de suelo.*—Suero rojo calizo mediterráneo.

Hor.	Profundidad en cm	Descripción
A <sub>1</sub>	0-10	Color rojo amarillento (5 YR 4/6). Textura limo-arcillo-arenosa. Estructura poliédrica subangular de consistencia media y buena permeabilidad.
(B)	10-30	Color rojo amarillento (5YR 5/6). Textura limo-arcillo-arenosa. De igual estructura que el anterior, pero más consistente, con menos número de raíces y más finas y mayor contenido en fragmentos de rocas.
B	30-70	Color parecido al anterior (5YR 4/8). Pero con menos poros y raíces. Textura limo-arcilla-arenosa.
C	> 70	Roca ígnea básica.

## PERFIL N.º 3

## Análisis mecánico y carbonatos %

Hor.	Prof. cm	A. Gruesa	A. Fina	Limo	Arcilla	CO <sub>3</sub> Ca
A <sub>1</sub>	0-10	13'62	46'63	9'06	27'10	1'63
(B)	10-30	15'71	36'20	7'24	26'76	6'50
B	30-70	19'04	36'16	6'63	26'41	5'93

## Reacción y fertilizantes %

Hor.	pH		Eh mV	M.O.	N <sub>2</sub>	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe(T)	Fe++	Fe(L)	Mn
	H <sub>2</sub> O	ClK									
A	8'5	7'6	135	1'16	0'086	7'81	0'018	3'22	0'41	0'98	0'0243
(B)	8'1	7'7	140	1'05	0'073	8'30	0'052	5'03	0'26	0'98	0'0237
B	8'2	7'7	150	0'83	0'062	7'75	0'030	6'99	0'25	0'83	0'0229

## Complejo de cambio meq./100 g

Hor.	Ca++	Mg++	K+	Na+	S	T	V %	Cl-	SO <sub>4</sub> =
A <sub>1</sub>	16'60	11'60	0'43	1'30	29'93	30'0	100	0'65	5'10
(B)	20'30	14'20	0'39	2'87	37'76	34'0	100	2'10	4'50
B	20'00	13'10	0'40	2'12	35'62	34'00	100	2'70	4'80

## PERFIL N.º 4

*Localidad.*—Fernan Pérez.

*Situación.*—Carretera de Fernan Pérez a las Negras a 200 m del primero en las grietas de una caliza.

*Altitud.*—120 metros.

*Orientación.*—SO.

*Topografía.*—Fuertemente ondulada.

*Pendiente.*—15 %.

*Vegetación.*—Timeleas, cardos, etc.

*Roca madre.*—Calizas.

*Tipo de suelo.*—Suelo pardo rojizo.

Hor.	Profundidad en cm	Descripción
A <sub>1</sub>	0-30	Color pardo rojizo oscuro (5YR 3/4). Textura limo-arcillo-arenosa. Estructura migajosa fina de buena consistencia. Poros y raíces abundantes.
(B)	30-50	Color pardo rojizo oscuro (5YR 3/3). Textura limo-arcillosa. Estructura migajosa mediana de más consistencia que el anterior.
(B)/C	50-65	Mezcla del horizonte anterior con fragmentos calizos. Textura limo-arcillosa.
C	> 65	Roca caliza dura.

## PERFIL N.º 4

## Análisis mecánico y carbonatos %

Hor.	Prof. cm	A. Gruesa	A. Fina	Limo	Arcilla	CO <sub>3</sub> Ca
A <sub>1</sub>	0-30	0'41	40'54	26'22	17'40	7'41
(B)	30-50	0'44	37'83	23'31	30'58	2'57
(B)/C	50-65	0'49	40'09	14'36	34'96	0'86

## Reacción y fertilizantes %

Hor.	pH		Eh mV	M.O.	N <sub>2</sub>	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe(T)	Fe++	Fe(L)	Mn
	H <sub>2</sub> O	ClK									
A <sub>1</sub>	7'8	7'3	170	0'91	0'099	9'15	0'228	3'95	0'37	1'03	0'0207
(B)	7'9	7'3	170	0'90	0'099	8'90	0'270	6'38	0'24	1'15	0'0209
(B)/C	7'9	7'2	170	0'47	0'058	8'40	0'270	5'67	0'39	1'02	0'0198

## Complejo de cambio meq./100 g

Hor.	Ca++	Mg++	K+	Na+	S	T	V %	Cl—	SO <sub>4</sub> =
A <sub>1</sub>	27'00	11'50	0'60	0'40	39'50	43'0	91'8	1'20	1'10
(B)	29'00	10'10	0'20	0'20	39'50	48'0	82'2	0'88	1'50
(B)/C	23'30	7'60	0'10	0'20	31'20	31'00	100	0'65	3'10

## PERFIL N.º 5

*Localidad.*—Término municipal de Nijar.

*Situación.*—Carretera de San Isidro a las Negras, a 1 Km de primer pueblo.

*Altitud.*—80 metros.

*Orientación.*—S - SE.

*Topografía.*—Llanura.

*Agricultura.*—Cultivo de vid.

*Roca madre.*—Arenisca caliza.

*Tipo de suelo.*—Suelo pardo calizo sobre material no consolidado.

Hor.	Profundidad en cm	Descripción
A <sub>1</sub>	0-35	Color pardo grisáceo (10YR 5/2). Textura areno-limosa. Estructura migajosa media de poca consistencia. Poros muy grandes y alguna grieta. Gran actividad biológica.
(B)	35-60	Color pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2). Mucho más masivo que el anterior. Destaca por su enorme compacidad. Textura limo-arenosa.
C	> 60	Arenisca caliza.

## PERFIL N.º 5

## Análisis mecánico y carbonatos %

Hor.	Prof. cm	A. Gruesa	A. Fina	Limo	Arcilla	CO <sub>3</sub> Ca
A <sub>1</sub>	0-35	35'68	34'64	10'26	8'46	9'01
(B)	35-60	13'18	39'77	25'70	10'46	10'76

## Reacción y fertilizantes %

Hor.	pH		Eh mV	M.O.	N <sub>2</sub>	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe(T)	Fe++	Fe(L)	Mn
	H <sub>2</sub> O	ClK									
A <sub>1</sub>	7'8	7'5	170	0'85	0'054	9'13	0'056	2'15	0'21	0'83	0'0174
(B)	8'0	7'7	160	0'95	0'058	9'50	0'088	2'79	0'17	0'88	0'0184

## Complejo de cambio meq./100 g

Hor.	Ca++	Mg++	K+	Na+	S	T	V %	Cl—	SO <sub>4</sub> =
A <sub>1</sub>	13'90	7'83	0'07	2'06	23'86	18'00	100	1'85	2'92
(B)	16'40	9'66	0'06	1'87	27'59	27'00	100	1'42	2'50

## PERFIL N.º 6

*Localidad.*—Los Albaricoques.

*Situación.*—Carretera de los Albaricoques a los Nietos a 1 Km del primero.

*Orientación.*—S.

*Topografía.*—Ligeramente colinada.

*Altitud.*—110 metros.

*Roca madre.*—Arenisca caliza.

*Tipo de suelo.*—Xerorendsina.

Hor.	Profundidad en cm	Descripción
A <sub>1</sub>	0-30	Color gris pardo claro (2'5Y 6/2). Textura limo-arenosa. Sin estructura, muy suelto. Abundantes poros y raíces de muy pequeño tamaño.
C	> 30	Arenisca caliza, muy compacta.

## PERFIL N.º 6

## Análisis mecánico y carbonatos %

Hor.	Prof. cm	A. Gruesa	A. Fina	Limo	Arcilla	CO <sub>3</sub> Ca
A <sub>1</sub>	0-30	25'14	25'50	16'36	4'78	25'82

## Reacción y fertilizantes %

Hor.	pH		Eh mV	M.O.	N <sub>2</sub>	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe(T)	Fe++	Fe(L)	Mn
	H <sub>2</sub> O	ClK									
A <sub>1</sub>	8'1	7'4	140	1'22	0'090	7'86	0'131	0'82	0'17	0'18	0'0232

## Complejo de cambio meq./100 g

Hor.	Ca++	Mg++	K+	Na+	S	T	V %	Cl—	SO <sub>4</sub> =
A <sub>1</sub>	1'84	1'58	0'62	0'06	4'10	4'12	100	0'78	1'12

## PERFIL N.º 7

*Localidad.*—Término municipal de Níjar.

*Situación.*—Carretera Níjar-Carboneras, Km 14'3. (Venta del pobre).

*Orientación.*—Este.

*Altitud.*—90 metros.

*Topografía.*—Pendiente suave.

*Drenaje.*—Muy bueno.

*Pendiente.*—10 %.

*Roca madre.*—Andesitas augítico-hipersténicas con costras calizas duras.

*Tipo de suelo.*—Litosuelo andesítico.

Hor.	Profundidad en cm	Descripción
A <sub>1</sub>	0-18	Color pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2). Textura areno-limosa. Sin estructura, muy suelto y con abundantes trozos de roca meteorizada.
C	> 18	Andesita augítico hipersténica alterada, con abundantes restos de carbonato cálcico en las diaclasas.

## PERFIL N.º 7

## Análisis mecánico y carbonatos %

Hor.	Prof. cm	A. Gruesa	A. Fina	Limo	Arcilla	CO <sub>3</sub> Ca
A <sub>1</sub>	0-18	20'29	47'05	8'12	6'22	16'34

## Reacción y fertilizantes %

Hor.	pH		Eh mV	M.O.	N <sub>2</sub>	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe(T)	Fe++	Fe(L)	Mn
	H <sub>2</sub> O	ClK									
A <sub>1</sub>	8'1	7'4	140	1'43	0'108	7'68	0'056	1'10	0'12	0'27	0'0234

## Complejo de cambio meq./100 g

Hor.	Ca++	Mg++	K+	Na+	S	T	V %	Cl—	SO <sub>4</sub> =
A <sub>1</sub>	2'35	1'55	0'02	0'08	3'99	4'40	90	0'64	1'83

## PERFIL N.º 8

*Localidad.*—Fernan Pérez.

*Situación.*—A 0'5 Km de Fernan Pérez en dirección a las Negras.

*Altitud.*—80 metros.

*Orientación.*—N - NE.

*Topografía.*—Ligeramente ondulada.

*Pendiente.*—1 %.

*Vegetación.*—Pitas, timeleas, cardos.

*Roca madre.*—Yesos y margas yesíferas en alternancia.

*Tipo de suelo.*—Xerorendsina de yeso.

Hor.	Profundidad en cm	Descripción
A <sub>1</sub>	0-15	Color pardo claro (10YR 6/3). Textura franca. Sin estructura, con poros abundantes y de varios tamaños. Abundantes raíces y límite neto con el horizonte subyacente.
C	> 15	Yesos.

## PERFIL N.º 8

## Análisis mecánico y carbonatos %

Hor.	Prof. cm	A. Gruesa	A. Fina	Limo	Arcilla	CO <sub>3</sub> Ca
A <sub>1</sub>	0-15	14'11	19'41	27'33	20'43	18'72

## Reacción y fertilizantes %

Hor.	pH		Eh mV	M.O.	N <sub>2</sub>	C/N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe(T)	Fe++	Fe(L)	Mn
	H <sub>2</sub> O	ClK									
A <sub>1</sub>	7'8	7'5	185	0'36	0'035	10'09	0'109	1'07	0'14	0'33	0'0147

## Complejo de cambio meq./100 g

Hor.	Ca++	Mg++	K+	Na+	S	T	V %	Cl—	SO <sub>4</sub> =
A <sub>1</sub>	18'50	10'50	0'87	0'74	30'61	30'00	100	1'91	10'56

## DISCUSION

El perfil n.º 1 es un suelo pardo calizo sobre material consolidado sometido a una erosión tal que el horizonte superficial ha sido barrido por esta.

Presenta un gran contenido en fracciones gruesas (contenido total de arena superior al 65%) Así como gran riqueza en  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , lo que hace que la evolución del suelo esté frenada por la gran proporción de aquel, lo que nos justifica la escasa cantidad de arcilla existente.

El potencial de óxido-reducción es bajo, mientras que por el contrario el pH es muy alto y está rozando valores correspondientes a suelos salinos.

La cantidad de materia orgánica es pequeña, pero un poco alta para este tipo de suelos, el porcentaje de nitrógeno es elevado, lo que nos indica que la humificación es muy buena y rápida y tiene que estar influenciada por el carbonato cálcico presente.

Con respecto a los elementos susceptibles de cambiar de valencia, determinados, vemos que el hierro se encuentra en pequeña cantidad, tanto el hierro total, como en sus formas libre o ferrosa y sin embargo de manganeso se obtiene el valor más alto de los suelos estudiados.

En cuanto a la capacidad de cambio presenta un valor excepcionalmente alto que no se puede justificar por la cantidad de arcilla y materia orgánica presente y que únicamente se justificaría si la arena fina estuviese constituida por minerales laminares de tipo vermiculita. El complejo de cambio está dominado por el ión calcio lo que es lógico dada la gran cantidad de carbonato cálcico existente. En lo referente a las sales solubles existe una pequeña cantidad de cloruros y gran cantidad de sulfatos que nos indican que posiblemente estén libres al estado de sulfato cálcico hidratado (yeso), lo que nos justifica por otra parte el valor de pH encontrado.

El perfil n.º 2 es un suelo pardo calizo sobre andesitas hipersténicas situado sobre una pendiente de un 15 por ciento.

El contenido en fracciones gruesas de este perfil es menor que en el perfil anterior, lo que parece ser debido a que la roca a partir de la cual se ha desarrollado el suelo (andesita) ya contenía mayor cantidad de arcilla, ya que la cantidad de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  existente aquí también es importante: 2'96 en el horizonte A y 12'8 en el horizonte (B)

lo que nos habla que en este suelo ha tenido lugar, aunque débilmente, un proceso de lavado.

El potencial de oxidorreducción es un poco más alto que en el perfil anterior y aumenta con la profundidad. Por el contrario los valores de pH en este perfil son más bajos y disminuyen con la profundidad.

La cantidad de materia orgánica existente es pequeña y prácticamente del mismo orden que en el perfil anterior y la humificación es muy buena y rápida.

Con respecto a los elementos inorgánicos que influyen el potencial redox vemos que el hierro total se encuentra en mayor proporción que en el perfil anterior y aumenta con la profundidad; hierro ferroso e hierro libre también se encuentran en mayor cantidad que en el perfil n.º 1 pero disminuyen con la profundidad. El contenido de manganeso sin embargo es menor que en el perfil anterior y disminuye con la profundidad.

En cuanto a la capacidad de cambio, como ya ocurriera en el perfil n.º 1 es demasiado alta para las cantidades de arcilla y materia orgánica existentes y solo podría justificarse por la existencia de minerales laminares en las fracciones limo y arena fina. El complejo de cambio, como en el caso anterior, está dominado por calcio y magnesio. En lo referente a las sales solubles, como en el perfil anterior, los cloruros están en pequeña cantidad y los sulfatos en gran cantidad y ambos aumentan ligeramente con la profundidad, lo que nos ratifica el débil proceso de lavado del que hablábamos en un principio.

El perfil n.º 3 es un suelo rojo mediterráneo desarrollado sobre roca magmática y enclavado en una llanura.

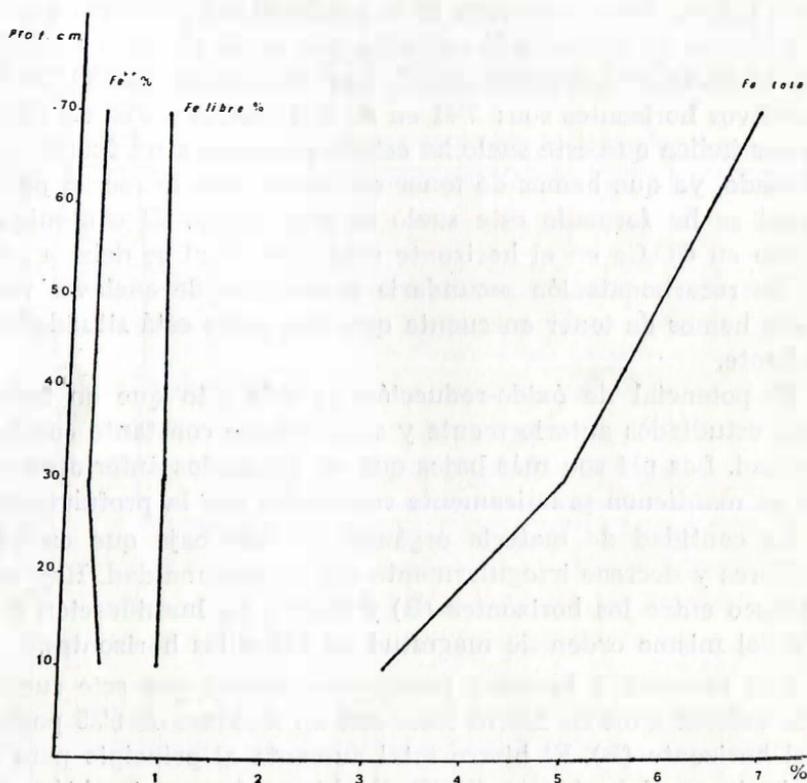
Presenta una textura equilibrada en todos sus horizontes con un contenido en arcilla superior al 25 por ciento. El contenido en  $\text{CO}_3\text{Ca}$  es mucho más bajo que en los perfiles estudiados anteriormente y nos indica un proceso de lavado con una cierta acumulación de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  en el horizonte (B).

El potencial de oxidación-reducción es bajo y aumenta con la profundidad, justo al contrario que sucede con el pH que es alto en la superficie y disminuye con la profundidad.

La cantidad de materia orgánica existente es del mismo orden que en los perfiles anteriores y decrece regularmente con la profundidad; la humificación como en los casos anteriores es buena y rápida.

Con respecto a hierro y manganeso vemos que este perfil es rico en hierro libre y total y aumenta muy fuertemente con la profundidad, alcanzando en el horizonte B, valores muy próximos al 7 por ciento. El hierro ferroso también alcanza valores altos, pero este decrece con la profundidad, mientras que el hierro libre se mantiene prácticamente constante. El contenido en manganeso de este suelo es también alto y sigue un comportamiento similar al del hierro ferroso, es decir, disminuye con la profundidad.

Detalle del comportamiento de estos elementos en este perfil vienen reflejados en la gráfica I.



PERFIL 3

En cuanto a la capacidad de cambio presenta valores altos y aumentan con la profundidad, pero son totalmente compatibles con las cantidades de elementos finos existentes. El complejo de cambio es rico en calcio y magnesio, lo que es lógico ya que se han desarrollado sobre una roca magmática básica.

En lo que concierne a las sales solubles se presentan valores altos tanto de cloruros como de sulfatos (yeso), lo que explica los valores de pH un poco altos para este tipo de suelos.

El perfil n.º 4 es un suelo pardo rojizo ilimerizado desarrollado sobre roca caliza y enclavado sobre una pendiente del 15 por ciento.

Presenta una textura equilibrada con cantidades importantes de arcilla y limo. Este disminuye en la profundidad, mientras que aquélla presenta un aumento importante que va de 17'40 en el horizonte A al 34'96 en el horizonte (B)/C. Las cantidades de  $\text{CO}_2\text{Ca}$  en los respectivos horizontes son: 7'41 en A, 2'57 en (B) y 0'86 en (B)/C, lo que nos indica que este suelo ha estado sometido a un fuerte proceso de lavado, ya que hemos de tener en cuenta que la roca a partir de la cual se ha formado este suelo es una caliza. El contenido más elevado en  $\text{CO}_2\text{Ca}$  en el horizonte más superficial se debe a un proceso de recarbonatación secundaria procedente de enclaves vecinos, ya que hemos de tener en cuenta que este suelo está situado en una pendiente.

El potencial de óxido-reducción es más alto que en todos los suelos estudiados anteriormente y se mantiene constante con la profundidad. Los pH son más bajos que en los suelos anteriores y también se mantienen prácticamente constantes con la profundidad.

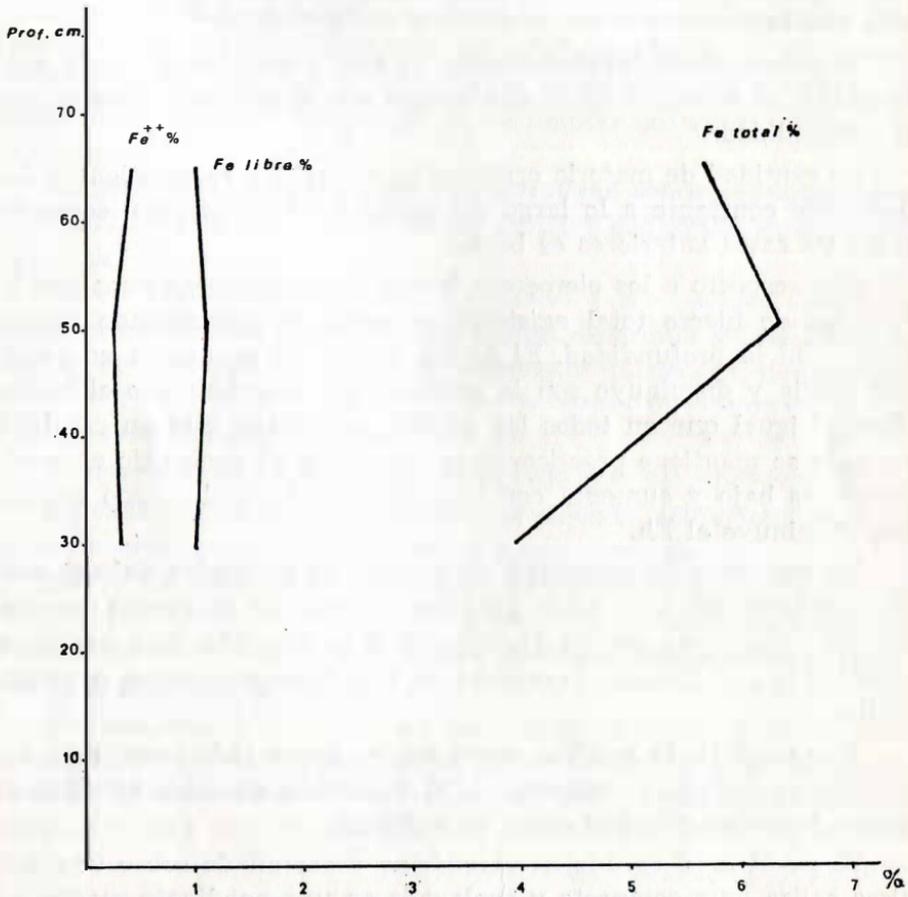
La cantidad de materia orgánica es más baja que en perfiles anteriores y decrece irregularmente con la profundidad. Hay un salto brusco entre los horizontes (B) y (B)/C. La humificación es buena y del mismo orden de magnitud en todos los horizontes.

Con respecto a hierro y manganeso, vemos que este suelo presenta valores altos de hierro total con un máximo de 6'35 por ciento en el horizonte

disminuir en el horizonte (B)/C. De hierro ferroso también se presentan cantidades importantes, pero su comportamiento es inverso al del hierro total, disminuye al principio para luego aumentar. El hierro libre presenta los valores más altos de todos los suelos estudiados y se mantiene prácticamente constante con la profundidad. Las cifras de manganeso son más bajas que en los suelos estudiados anteriormente y siguen un comportamiento similar al de la materia

orgánica. El balance de estos elementos con la profundidad viene reflejado en la gráfica II.

En cuanto a la capacidad de cambio presenta valores altos, pero hay que tener en cuenta que este suelo es rico en elementos finos, de todas formas los valores de T en los horizontes A<sub>1</sub> y (B) son un poco altos para la cantidad de elementos coloidales que estos horizontes poseen. El complejo de cambio está dominado por el calcio siguiéndole en cantidad el magnesio y siendo pobres en sodio y potasio, lo que es lógico, ya que se han desarrollado sobre una roca



caliza. Las sales solubles son escasas, lo que también es lógico, ya que hemos indicado que este suelo ha estado sometido a un lavado intenso.

El perfil n.º 5 es un suelo pardo calizo sobre material no consolidado desarrollado sobre una arenisca caliza y enclavado en una llanura.

Presenta una textura gruesa con contenidos en arcilla de alrededor del 10 por ciento. El contenido en carbonatos es medio (≈ 10 por ciento) y se mantiene constante con la profundidad, lo que nos indica que el lavado es nulo. Esto unido a la poca cantidad de arcilla nos indica que es un suelo poco evolucionado.

El potencial de óxido-reducción es alto y disminuye con la profundidad, al contrario de lo que sucede con el pH que aumenta con la profundidad.

La cantidad de materia orgánica es pequeña y se mantiene prácticamente constante a lo largo del perfil. La humificación, como en todos los casos anteriores es buena.

Con respecto a los elementos hierro y manganeso, vemos que la cantidad de hierro total existente es pequeña, aumentando ligeramente con la profundidad. El hierro ferroso se encuentra en cantidad media y disminuye con la profundidad, mientras que el hierro libre, al igual que en todos los perfiles anteriores, está en cantidad media y se mantiene prácticamente constante. El contenido en manganeso es bajo y aumenta con la profundidad en el mismo sentido que disminuye el Eh.

En cuanto a la capacidad de cambio se presentan valores medios, aunque un poco altos para los contenidos existentes en elementos coloidales; podría justificarse si la fracción limo estuviese constituida por silicatos laminares de tipo montmorillonita o vermiculita.

El complejo de cambio, como en los casos anteriores, está dominado por calcio y magnesio y el contenido en sales solubles es medio, tanto en cloruros como en sulfatos.

El perfil n.º 6 es una xerorrendina desarrollada sobre una arenisca caliza muy compacta y enclavada en una pendiente suave.

Es un suelo muy po  
tenido en arcilla inferior al 5 por ciento. El contenido en  $\text{CO}_3\text{Ca}$  es muy elevado, superior al 25 por ciento, lo que justifica la escasa cantidad de arcilla, ya que aquél impide toda evolución.

La cantidad de materia orgánica es superior al 1 por ciento pero muy baja para este tipo de suelos, pero la relación C/N nos justifica este valor, ya que al ser esta baja nos indica que la mineralización es muy rápida.

El potencial de óxido-reducción es bajo y el pH superior a 8.

Con respecto a los elementos hierro y manganeso, vemos que el hierro en todas sus formas, tanto total como coloidal o ferroso se encuentra en cantidad extraordinariamente baja, mientras que la cantidad de manganeso existente es más bien alta, al menos para estos suelos.

La capacidad de cambio es bajísima, pero está totalmente justificada dado el escaso contenido en arcilla existente. El suelo está completamente saturado y los cationes principales del complejo de cambio son calcio y magnesio. El contenido en sales solubles es pequeño.

El perfil n.º 7 es un litosuelo desarrollado sobre andesitas augítico-hiperstenicas con costras calizas duras y enclavado en una pendiente del 10 por ciento.

Es un suelo muy arenoso, muy suelto y con escasos elementos finos; posee alrededor de un 7 por ciento de arcilla y una cantidad similar de limo. El contenido en carbonato cálcico es elevado, superior al 15 por ciento, lo que justifica la escasa formación de arcilla y el escaso desarrollo del suelo.

El potencial de óxido-reducción es bajo y el pH superior a 8.

La cantidad de materia orgánica es elevada, sobre todo para un suelo de este tipo y la humificación buena y rápida.

Entre los elementos inorgánicos responsables de la oxidación-reducción el hierro se encuentra en pequeña cantidad en todas sus formas, no así el manganeso, que se encuentra en cantidad apreciable para este tipo de suelos.

Con respecto a la capacidad de cambio es extraordinariamente baja, incluso para el escaso contenido en arcilla, ya que hemos de tener en cuenta que este suelo posee un 1'43 por ciento de materia orgánica y está bien humificada. Otro detalle que choca un poco es el grado de saturación del 90 por ciento, lo que es extraño poseyendo un 16 por ciento de carbonatos y algunas, aunque pocas, sales solubles. Es este un hecho que francamente no podemos explicarnos.

El perfil n.º 8 es una xerorrencia de yeso desarrollada sobre yesos y margas yesíferas en alternancia y enclavada en una pendiente muy ligera, del 1 por ciento.

Presenta una textura equilibrada, con un contenido en arcilla del 20 por ciento. El contenido en  $\text{CO}_3\text{Ca}$  es del 18 por ciento, por lo que choca un poco que con este contenido en carbonato cálcico exista aquella cantidad de arcilla, pero hemos de tener en cuenta que el suelo se ha desarrollado sobre margas y entonces la arcilla existente no es el producto de una meteorización química y subsiguiente neoformación sino que ya se encontraba preformada en la roca original.

El potencial de oxidación-reducción es el más alto encontrado en estos suelos, 185 mV, y el pH cercano a 8, pero también el más bajo de los perfiles estudiados.

La cantidad de materia orgánica es muy baja, 0,36 por ciento, y la humificación buena.

Tanto las cantidades de hierro (en todas sus formas) como la cantidad de manganeso son bajas, especialmente este último.

La capacidad de cambio es elevada, muy elevada para este tipo de suelos y aún teniendo en cuenta que se ha desarrollado sobre margas es alta y solo justificable si la composición mineralógica de la fracción limo es la apropiada.

El suelo está completamente saturado y el complejo de cambio dominado por calcio y magnesio como es usual.

Las sales solubles son muy abundantes, sobre todo los sulfatos, como

Hemos estudiado en el presente trabajo todos los tipos de suelos existentes en clima subdesértico-cálido (hemisémico) y desarrollados sobre roca caliza o roca que contiene gran cantidad de carbonatos.

Al ser suelos desarrollados bajo un mismo clima y prácticamente sobre el mismo tipo de roca madre, estos suelos presentan grandes analogías, esto es indudable, y su aspecto global es muy semejante, pero junto a estas analogías también se presentan grandes diferencias y así tenemos en lo que respecta a textura suelos muy arenosos (perfiles 1, 5, 6 y 7) y suelos con textura equilibrada incluso arcillosos (perfiles 3 y 4).

Con respecto al contenido en  $\text{CO}_3\text{Ca}$  aunque todos los horizontes de todos los  
riables y así mientras que el horizonte (B)/C del perfil n.º 3 no llega al 1 por ciento y en general todo  
los perfiles 1, 6, 7 y 8 son muy ricos en carbonatos, en especial el perfil 6, que pasa del 25 por ciento en  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

Con respecto al potencial de oxidación-reducción no se observan grandes variaciones en los perfiles estudiados, encontrando un mínimo de 120 mV en el horizonte (B) de un suelo pardo calizo sobre material consolidado y un máximo de 185 mV en una xerorrendina de yeso.

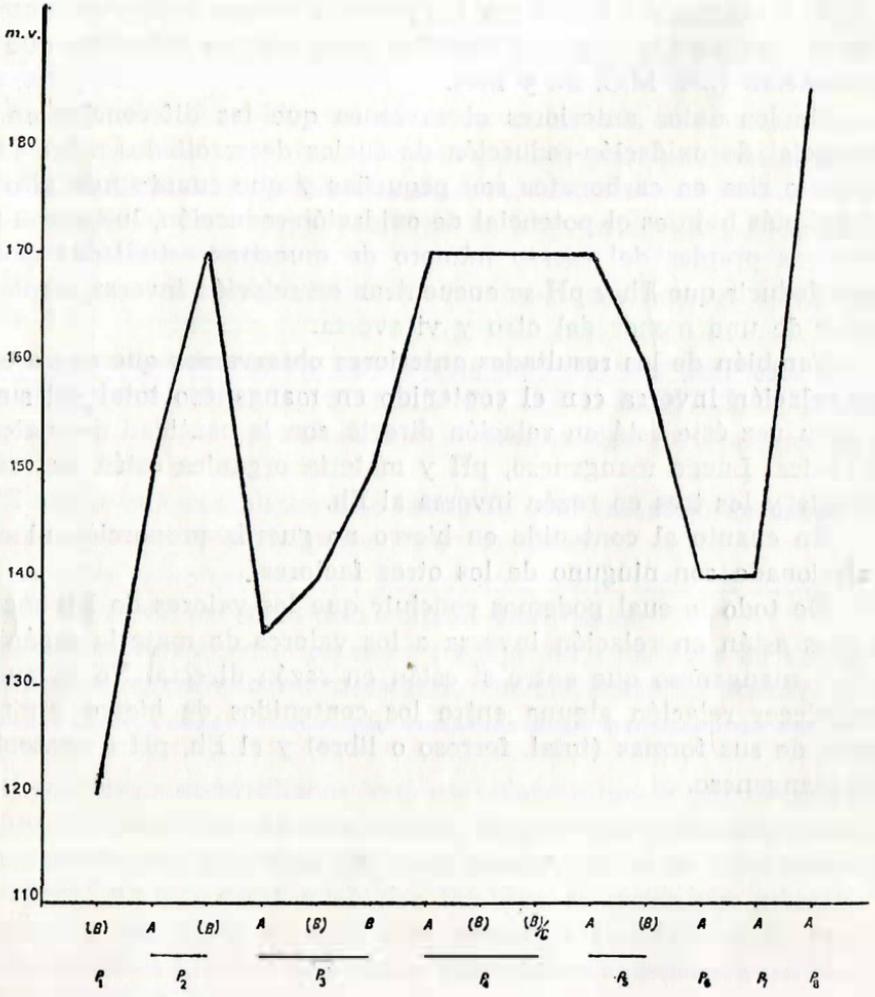
A continuación incluimos las gráficas correspondientes tanto a los valores de Eh como de aquellos componentes del suelo que lo influyen (pH, M.O. Fe y Mn).

De los datos anteriores observamos que las diferencias en el potencial de oxidación-reducción de suelos desarrollados sobre roca caliza o rica en carbonatos son pequeñas y que cuanto más alto es el pH más bajo es el potencial de oxidación-reducción, luego con las reservas propias del escaso número de muestras estudiadas, podemos deducir que Eh y pH se encuentran en relación inversa, a mayor valor de uno menor del otro y viceversa.

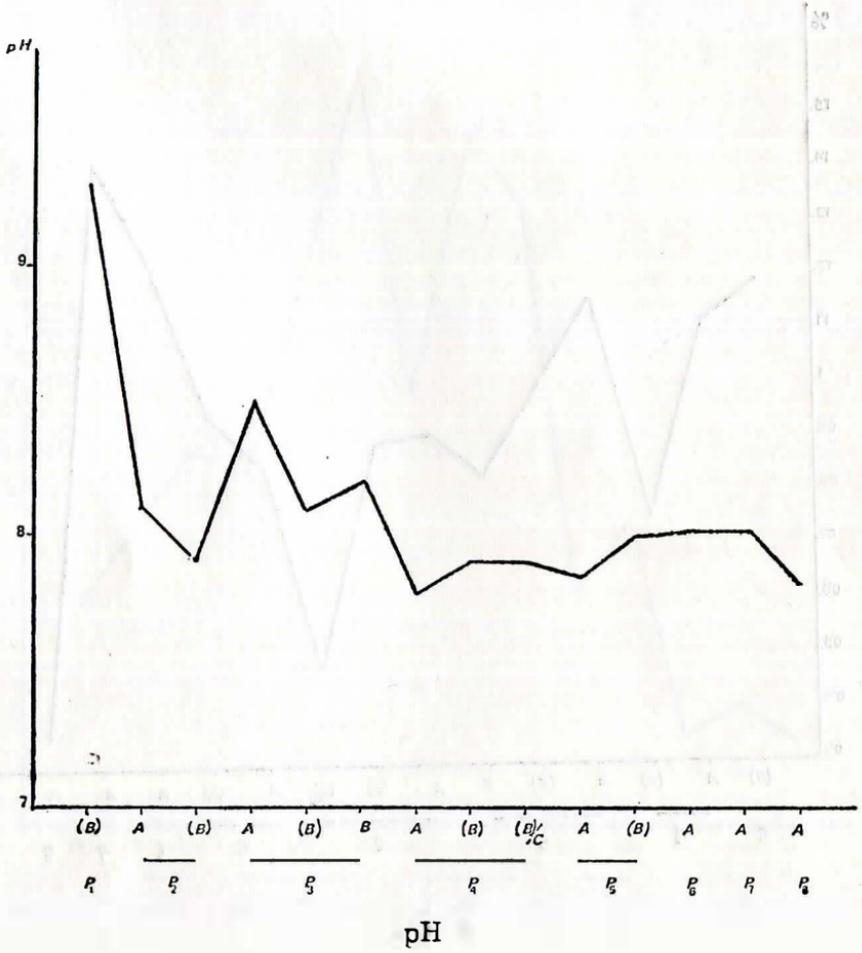
También de los resultados anteriores observamos que el Eh está en relación inversa con el contenido en manganeso total del suelo y a su vez éste está en relación directa con la cantidad de materia orgánica. Luego manganeso, pH y materia orgánica están en razón directa y los tres en razón inversa al Eh.

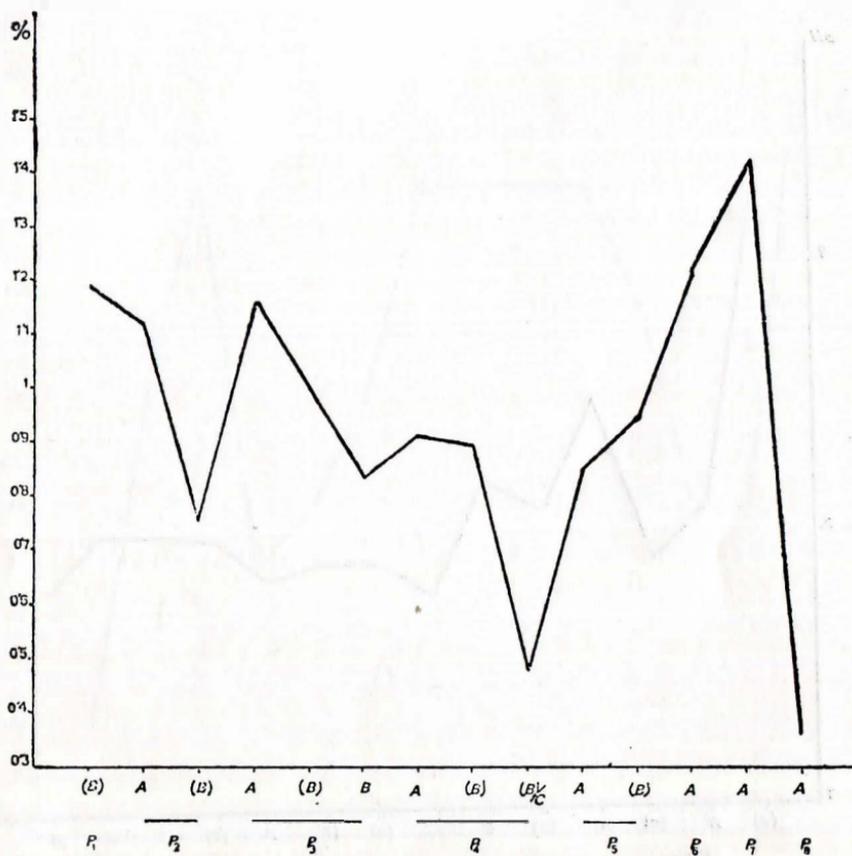
En cuanto al contenido en hierro no guarda proporción ni está relacionado con ninguno de los otros factores.

De todo lo cual podemos concluir que los valores de Eh encontrados están en relación inversa a los valores de materia orgánica, pH y manganeso que entre sí están en razón directa. No se puede establecer relación alguna entre los contenidos de hierro, en ninguna de sus formas (total, ferroso o libre) y el Eh, pH o contenido en manganeso.

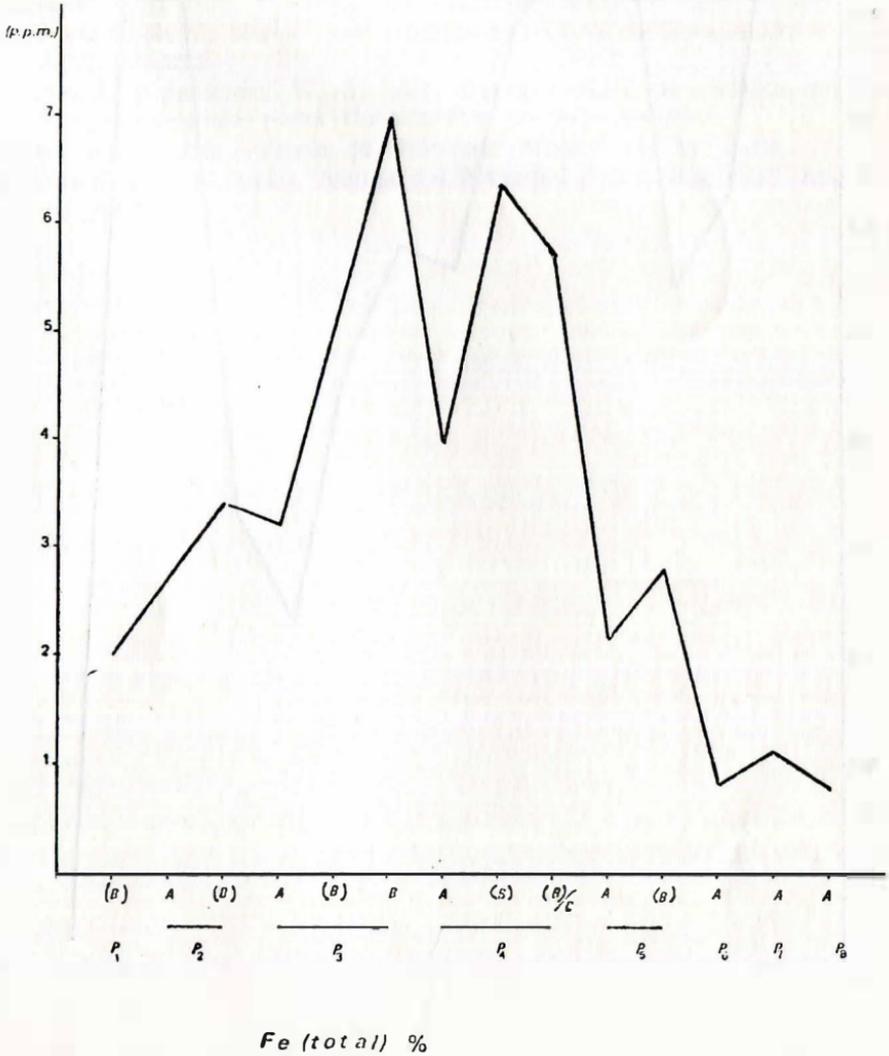


E h





M.O. %



(ppm)

250.  
240.  
230.  
220.  
210.  
200.  
190.  
180.  
170.  
160.  
150.  
140.  
130.

(D) A (D) A (P) B A (D) (D) C A (D) A A A  
P<sub>1</sub> P<sub>2</sub> P<sub>3</sub> P<sub>4</sub> P<sub>5</sub> P<sub>6</sub> P<sub>7</sub> P<sub>8</sub>

M<sub>11</sub>



## BIBLIOGRAFIA

- CAPITAN, F. y MARTINEZ, F. 1954.—“Sobre la determinación espectrofotométrica del fósforo con amidol”. An. Edaf. y Fis. Vegetal. Vol. XIII, p. 767-790.
- CHARLOT, G. 1961.—“Les méthodes d
- KUBIENA, W. L. 1952.—“Claves sistemicas de suelos”. C.S.I.C. Madrid.
- SCHWARZENBACH, C. 1959.—“Las complexonas en el análisis químico ”. Ed. Atlas. Madrid.
- SHAPIRO, L. y BRANNOCK, W. W. 1962.—Rapid analysis of silicates, carbonate, on phosphate rocks. Contribution to Geochemistry.
- DUCHAUFOUR, P. 1965.—Precis de Pedologie. Masson et Cie. Paris.
- GUTIERREZ RIOS, E. 1944.—“Acerca del Potencial redox en suelos”. An. Edaf. III, 40-58.