

GLEBULAS SESQUIOXIDICAS EN UN ARGIALBOL. GENERAL MANSILLA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Perla A. Imbellone y Marcelo A. Zárate

(1) Instituto de Geomorfología y Suelos. Fac. de Ciencias Naturales y Museo U. N. La Plata. 532 Nº 949.
1900. La Plata.
Centro de Geología de Costas. CC 722 C. Central. 7600 Mar del Plata.

RESUMEN

Los resultados obtenidos permiten afirmar que las glébulas son rasgos formados in situ, distribuidos en todos los horizontes del perfil concentrándose, especialmente en el A2. Están constituidas por geles de óxido férrico y compuestos de manganeso, englobando por sectores la S-matriz del suelo. De acuerdo a su estructura interna se diferencian glébulas con fábrica indefinida (nódulos) y glébulas con fábrica diferenciada (concreciones).

Palabras clave: glébulas -nódulos y concreciones-, argialbol, hidromorfismo temporario, micromorfología.

SESQUIOXIDIC GLAEBULES IN AN ARGIALBOLL. BUENOS AIRES PROVINCE.

ABSTRACT

Glaebules are autochthonous features distributed through all the profile, but especially concentrated in the A2 horizon. They are composed of ferric oxide gels and manganiferous compounds engulfing in certain parts the S-matrix. Two types of glaebules have been recognized: nodules with undifferentiated internal fabric and concretions with differentiated internal fabric.

Key words: glaebules -nodules and concretions-, argialboll, temporary hydromorphism, micromorphology.

INTRODUCCION

La acumulación de compuestos ferromangáníferos en forma de glébulas es un hecho muy frecuente en suelos hidromórficos a tal punto que son considerados elementos indicadores diagnósticos del desarrollo de procesos de esa índole en la evolución del perfil edáfico (Oglaznew, 1968; Bogdanov and Vopayeva 1969; Orelskaya, 1974). Esto ha llevado a utilizarlas para determinar la amplitud de las fluctuaciones de nivel de un acuífero suspendido (Zaidel' man and Se lishv, 1980), como también para estimar el grado de hidromorfismo alcanzado por los suelos (Valencia e Imbellone, 1971).

Existen numerosas contribuciones referidas a la naturaleza química, mineralógica y micromorfológica de glébulas desarrolladas en diferentes tipos de suelos (Drosdoff and Niforoff, 1940; Roslidova, 1961; Polteva and Sodalova, 1967).

Más recientemente Cescas et al. (1970), Gallaher et al. (1973 a, 1973 b), Pawluk and Jackson (1973), y Eswaran et al. (1978) las han examinado utilizando técnicas submicroscópicas.

El objetivo de este artículo es analizar aspectos mineralógicos, micromorfológicos y químicos de las glébulas presentes en un argialbol desarrollado a partir de sedimentos loessoides y establecer su vinculación con la evolución del suelo.

(1) Integrado al CISAUA. Convenio U. N. La Plata - M. A. Agrarios Prov. de Buenos Aires.

MATERIALES Y METODOS

El suelo estudiado corresponde a un argialbol (U. S. Soil Taxonomy, 1975) cuyas características y ubicación se indican en el apéndice.

Las glébulas se liberaron de la masa del suelo mediante tamizado en húmedo, se lavaron con ácido acético diluido para eliminar películas superficiales y separaron de la fracción clástica bajo binocular; en los casos requeridos se molieron y pasaron a través de tamiz de 150 μ m.

Para las determinaciones de óxidos totales las muestras se atacaron con ácido fluorhídrico. La cuantificación de hierro y manganeso se realizó mediante métodos colorimétricos utilizando métofenantrolina (Olson, 1965) y periodato de potasio (Adams, 1965), respectivamente. Los óxidos de hierro libre se determinaron en dos extractos: ditionito-citrato-bicarbonato (Mehra and Jackson, 1960) y oxalato de amonio (Mc Keague and Day, 1966).

El estudio micromorfológico se llevó a cabo sobre muestras no disturbadas extraídas con cajas de Kubiena y secciones delgadas preparadas por impregnación al vacío con resina sintética. Para el análisis de fábrica las descripciones se realizaron según los criterios de Brewer (1964).

La mineralogía se efectuó sobre glébulas de color pardo oscuro y tamaño entre 500-1000 μ m; mediante diagramas de polvo por difracción de rayos X con un equipo Phillips (40 Kw, 18 mA) con radiación de Cu (1,54 Å) y filtro de Ni, y por análisis térmico diferencial con un analizador termogravimétrico Mettler T1. La susceptibilidad magnética es estimó mediante un separador magnético tipo Franz.

RESULTADOS Y DISCUSION

Distribución y morfología

En la Tabla 1 se muestra la distribución de glébulas en el perfil.

Las mismas se concentran en los horizontes eluviales donde alcanzan un máximo absoluto de 7,91% en el A2. Los contenidos del B21 t disminuyen sensiblemente, registrándose una leve tendencia decreciente en profundidad hasta un mínimo de 0,51% en el B31, a partir del cual se produce un incremento poco significativo.

El análisis por subfracciones revela que las de mayor tamaño (hasta 5 mm de diámetro) se encuentran en los horizontes A1, siendo las más abundantes aquellas correspondientes al intervalo de 1-0,5 mm. Asimismo, están presentes en los intervalos menores de la fracción arena.

TABLA 1: Distribución porcentual de glébulas en el suelo.

Horizonte	Profundidad cm	Fracciones -mm-			Total %
		2	2-1	1-0,5	
A11	0- 15	0,08	0,15	0,61	0,84
A12	15- 29	2,43	1,79	2,00	6,22
A2	29- 38	1,82	2,82	3,27	7,91
B21t	38- 87	0,02	0,21	0,37	0,60
B22t	87-118	0,01	0,15	0,38	0,54
B31	118-138	0,02	0,14	0,35	0,51
B32	138-160	0,03	0,22	0,32	0,57
C	160	0,04	0,23	0,41	0,68

de Valencia e Imbellones (op. cit.).

La distribución general de las glébulas es irregular pero no caprichosa ya que responde al esquema de aquellos suelos sujetos a procesos de hidromorfismo temporario motivado por una capa de agua "colgante".

El color es muy variable dependiente del contenido relativo de hierro y manganeso de las mismas.

Cuando predominan los compuestos de hierro presentan colores rojizos o castaños; contrariamente cuando dominan los de manganeso las glébulas son negras o grises oscuras tomasoladas (Valencia e Imbellone, op. cit.).

La morfología de las glébulas difiere en los horizontes eluviales e iluviales; en los primeros, son en su mayoría ásperas, mates, pardas (10YR 5/3 en seco, fractura terrosa, presentándose como un agregado irregular de partículas, de modo que bajo binocular pueden apreciarse saliencias pertenecientes a granos de cuarzo. En los segundos constituyen entidades "aperdigonadas", lisas, brillantes, negras (N 2/0) en seco y fácilmente separables de la masa del suelo.

No presentan susceptibilidad magnética, propiedad que se halla muy desarrollada en aquellas descritas en latosoles (Sherman and Kaneiro, 1954).

Composición química

Las glébulas están compuestas principalmente por compuestos de hierro y manganeso, tal como se muestra en la Tabla 2.

En todas, a lo largo del perfil, el contenido de hierro supera en términos absolutos al de manganeso.

Puede apreciarse una variación vertical en la distribución de dichos elementos, de modo que el primero muestra un incremento en el horizonte iluvial típico (17,46%) así como en la base del solum, mientras que el segundo, si bien registra un máximo importante en el B21t (6,28%), disminuye en profundidad.

TABLA 2: Contenido porcentual de hierro y manganeso total en las glébulas (expresado como óxidos).

	Fe ₂ O ₃ %	MnO %	Fe ₂ O ₃ /MnO
A11 + A12	13,54	1,82	7,4
A2	14,90	1,73	8,6
B21t	17,47	6,28	2,8
B22t + B31	14,97	5,01	2,9
B32 + C	15,10	3,45	4,4

de Valencia e Imbellone (op. cit.).

Las variaciones mencionadas se traducen en un decrecimiento de la relación Fe₂O₃/MnO en profundidad con un mínimo en el B2t y un leve incremento en los horizontes inferiores del perfil. Esta tendencia se vincularía al distinto comportamiento de los elementos mencionados en el ciclo exógeno. El manganeso comparativamente más móvil que el hierro y de allí que se aprecian diferencias en la distribución espacial de los mismos (Polteva and Sokolova, op. cit.).

En la Tabla 3 se muestran los porcentajes de hierro y manganeso segregados en cada horizonte. Se observa que los procesos de hidromorfismo afectan más significativamente a los compuestos de manganeso que a los de hierro ya que si bien estos últimos registran valores apreciables en los horizontes eluviales, su segregación a partir del horizonte B2t es insignificante.

La máxima segregación de hierro y manganeso bajo la forma de glébulas se registra en el horizonte A2, donde se concentran en un 82 y 19%, respectivamente. Este hecho no es casual ya que es precisamente el horizonte A2 el que está sujeto a anegamientos frecuentes como resultado de la presencia de un horizonte argílico, de muy baja permeabilidad, que crea condiciones de drenaje interno deficiente favoreciendo la formación de un acuífero "suspendido" en

el techo del mismo. De este modo, la porción superior del perfil evoluciona en un ambiente que es alternativamente oxidante y reductor, requisito indispensable para la formación de glébulas (Polteva and Sokolova, op. cit.).

En la Tabla 4 se indican los tenores de óxidos de hierro libres en el suelo. Como es conocido, mediante el método del ditionito es posible extraer en forma aproximada, los óxidos de hierro cristalinos y amorfos que se hallan combinados en el suelo y el método del oxalato permite extraer, también en forma aproximada, la porción amorfa de los mencionados óxidos.

Según Blume and Schwetmann, (1969) mediante la relación Fe (o)/Fe (d) es posible estimar el grado de cristalinidad de los óxidos. Los valores obtenidos concuerdan con los encontrados por dichos autores para suelos imperfectamente drenados desarrollados sobre loess. De acuerdo a las relaciones halladas aquí (Tabla 4) en la porción superior del perfil dominarían las formas de hierro amorfas. Asimismo, las glébulas de los horizontes eluviales presentan tenores de Fe₂O₃ (o) comparativamente más elevados que aquellas de los eluviales (A1: 5,86% A2: 5,07%; B2: 3,73%).

Los mayores valores de Fe (o) se reconocen en los horizontes superficiales y consecuentemente los valores más bajos de la relación Fe (o)/Fe (d) coinciden con el máximo Fe (d) en los horizontes B2.

La relación Fe (d)/arcilla permite diferenciar los procesos de segregación de hierro por acción del hidromorfismo temporario de aquellos que son producto de la migración conjunta de óxidos de hierro y arcilla durante el desarrollo pedogenético del suelo.

Aquellos con marcado rasgos iluviales, tal como el presente, muestran un incremento de Fe (d) en el horizonte argílico debido a que la arcilla migrada es más rica en hierro total que las fracciones gruesas inmóviles (Blume and Schwetmann, op. cit.).

TABLA 3: Relación entre el contenido total de hierro y manganeso en el suelo y el segregado en glébulas (expresado como óxidos).

	Fe ₂ O ₃ %			MnO %		
	Suelo	Glébulas *	Del total en el suelo *	Suelo	Glébulas *	Del total en el suelo *
A11 + A12	5,72	0,48	8,4	0,12	0,06	50,0
A2	6,02	1,18	19,6	0,17	0,14	82,4
B21t	10,52	0,10	1,0	0,10	0,04	40,0
B22 + B31	12,92	0,08	0,6	0,12	0,03	25,0
B32 + C	10,06	0,10	1,0	0,12	0,02	16,6

* Valores calculados a partir del contenido de glébulas por horizonte.

TABLA 4: Contenido de óxidos de hierro libres en el suelo.

	Fe ₂ O ₃ (d) %	Fe ₂ O ₃ (o) %	Fe ₂ O ₃ (o)/Fe (d)	Fe (d)/a
A11 + A12	0,85	0,49	0,58	0,03
A2	0,82	0,37	0,45	0,04
B21 t	1,01	0,24	0,24	0,02
B22 + B31	0,87	0,15	0,17	0,02
B32 + C	0,82	0,15	0,18	nd.

Fe₂O₃ (d): Óxidos extraídos con ditionito.
 Fe₂O₃ (o): Óxidos extraídos con oxalato.
 Fe₂O₃ (d)/a: Relación entre óxidos extraídos con ditionito y el contenido de arcilla.

En el suelo estudiado el máximo contenido de Fe (d) en el horizonte B2t coincide con los mayores tenores de arcilla (56%) y la comigración de óxidos de hierro-arcilla sería avalada por la relación relativamente constante de Fe (d)/arcilla a través del perfil. En ese sentido la redistribución de Fe por drenaje impedido parecería no ser demasiado significativa y el máximo de Fe (d) en el horizonte B2 se debería principalmente a enriquecimiento de arcilla; sin embargo la inflexión positiva de la relación Fe (d)/arcilla en el horizonte A2 supondría alguna redistribución alteral (adición) de compuestos de hierro.

En virtud de lo expresado sería posible suponer que el suelo muestra la superposición de dos procesos no coetáneos; por un lado enriquecimiento de hierro por migración de arcilla durante la formación del horizonte argílico y otro acaecido después que el suelo ha alcanzado su madurez con la instalación de un proceso de hidromorfismo temporario que afecta fundamentalmente a los horizontes eluviales y en menor proporción a los iluviales.

Mineralogía

Los difractogramas de rayos X de las glébulas revelan la existencia de cuarzo y feldspatos con picos de reflexión muy nítidos y numerosas, (Figura 1).

Cuando los contenidos de óxidos cristalinos son muy bajos, como sería este caso, su presencia, posiblemente se vea enmascarada por los picos de reflexión del cuarzo. Con el fin de superar este eventual problema se efectuó un análisis térmico diferencial (Figura 2), el cual muestra la presencia de picos endotérmicos a baja temperatura (A2: 100° C; B2: 115° C) atribuibles a agua de absorción y fuertes exotérmicos (A2: 382° C; B21t: 285° C), que de acuerdo a Mackenzie (1970), corresponderían a geles de óxidos férricos.

En consecuencia podemos afirmar que las glébulas están constituidas por geles de óxido férrico y compuestos de manganeso cuya naturaleza mineralógica

no se ha podido determinar; estos se hallan concentrados en determinados sectores englobando la S-matriz del suelo.

El grado de cristalinidad de los compuestos férricos es afectado por la presencia de materia orgánica (Shwertmann et al., 1968) que inhibe el poder de cristalización de los óxidos, controlando inclusive el tipo de mineral eventualmente formado y su hábito cristalino. Esto explicaría en parte la predominancia de glébulas constituidas por geles amorfos en suelos de regiones templadas húmedas o hidromórficos, como en nuestro caso, a diferencia de las glébulas descritas en suelos tropicales, donde están constituidas por goethita, lepidocrocita, hematita, etc. (Sherman, op. cit.; Gallaher, op. cit.; Eswaran et al. op. cit.).

Micromorfología

El esqueleto del suelo está constituido por minerales cuya asociación es la típica de los sedimentos loessoides del Cenozoico Bonaerense.

Horizonte A: Se halla inmerso en una masa plasmática homogénea pardo oscura tanto con luz natural como polarizada (Figura 3a). La fábrica plásmica de tipo silasépica presenta una extinción puntual propia de la abundante proporción de limo.

La microestructura es porosa con predominancia de macro y mesoporos siendo los más comunes cavidades irregulares y mamelonadas, aisladas o intercomunicadas, con superficies internas ásperas y en cantidad subordinada, fisuras irregulares.

La materia orgánica se encuentra bien plasmificada aunque pueden apreciarse algunos biorelictos no descompuestos. Por otra parte la actividad biológica queda evidenciada por la presencia de isotúbulos.

Las glébulas se distribuyen irregularmente en la S-matriz, predominando los nódulos con fábrica indiferenciada. La concentración sesquioxídica puede ser homogénea o irregular dejando ver, en éste último

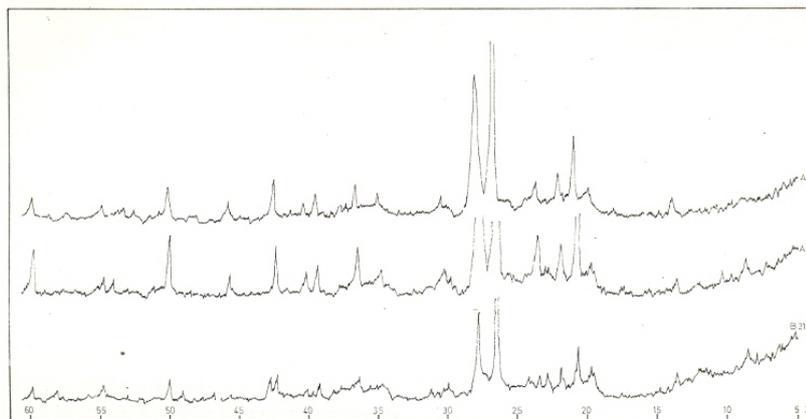


Figura 1: Difractogramas de rayos X provenientes de glébulas extraídas del perfil.

Identificación mineral: Illita: $8,6^\circ 2\theta$ (102,7 nm)

Caolinita: $19,8^\circ$ (44,8 nm); $35,0^\circ$ (25,6 nm)

Feldespatos: $13,0^\circ$ (64,1 nm); $21,9^\circ$ (40,4 nm); $23,6^\circ$ (37,7 nm); $28,0^\circ$ (31,8 nm); $30,4^\circ$ (29,4 nm).

Cuarzo: $20,8^\circ$ (42,7 nm); $26,7^\circ$ (33,4 nm); $36,5^\circ$ (24,6 nm); $39,5^\circ$ (22,8 nm); $40,3^\circ$ (22,4 nm); $42,5^\circ$ (21,3 nm); $45,8^\circ$ (19,8 nm); $50,1^\circ$ (18,2 nm); $54,9^\circ$ (16,7 nm); $59,8^\circ$ (15,5 nm).

caso, porciones de aquella. Constituyen unidades de límites generalmente difusos, color pardo muy oscuro (isótropas), cuyo contraste con la S-matriz del suelo es más débil que el presentado por las glébulas de los horizontes B.

Las concreciones son ocasionales en los horizontes A estando constituidas por una banda exterior en forma de aureola difusa con mayor concentración de sesquióxidos y un núcleo más claro cuya naturaleza es semejante a la de la S-matriz del suelo (Figura 3a).

Horizonte B: Se observa un enriquecimiento en las proporciones de plasma con respecto al esqueleto, de naturaleza arcillosa colores pardo muy claro a amarillento con luz transmitida y dominios altamente birrefringentes con luz polarizada. Están presentes argilanes y ferriargilanes de iluviación en torno a poros.

La fábrica puede calificarse como omni-esquel-vo-sépica debido a la abundancia de separaciones plasmáticas distribuidas en su masa alrededor de granos del esqueleto, glébulas y poros del suelo (Figura 3b y 3f), presentando en ciertos sectores tendencia a latissépica.

Los poros dominantes son fisuras inter e intrapedales (Figura 3f) como asimismo cavidades con carácter de microporos.

De los dos tipos de glébulas reconocidos predominan las concreciones "acorazadas" (Bellinfante et al., 1973) caracterizadas por presentar una banda externa de concentración de sesquióxidos de espesor variable, continua y casi negra; en su parte central el nú-

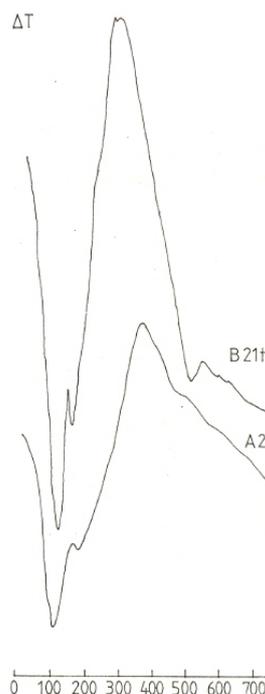


Figura 2: Curvas de ATD de glébulas extraídas del perfil.

cleo es castaño rojizo, levemente más oscuro que la S-matriz del suelo y de similar naturaleza mineralógica (Figura 3b y 3c). Poseen límites netos dados por grietas periféricas o bien por separaciones plasmáticas anchas que indican reorganización del plasma en torno a ellas (Figura 3b y 3c).

Coexisten con las concreciones nódulos (Figura 3d) y acumulaciones irregulares de óxidos que no llegan a constituir entidades individuales discretas (Figura 3e).

En base a los caracteres micromorfológicos podría afirmarse que las glébulas son de naturaleza autóctona.

La posibilidad de un origen alóctono se ha descartado ya que no hay evidencias de disimilitud entre la S-matriz del suelo y de las glébulas (concreciones y nódulos de impregnación sesquioxídica irregular), sobre todo en los horizontes eluviales donde se observa un pasaje gradual hacia el interior de aquellas.

Mecanismo de formación de las glébulas

Existe un acuerdo general en que las glébulas sesquioxídicas se forman en suelo vinculados a procesos de hidromorfismo temporario con alternancia de períodos secos y húmedos. Durante estos últimos se establecen condiciones reductoras que mantienen a los compuestos de Fe y Mn en solución, precipitando en sus respectivas formas oxidadas durante el siguiente período seco.

En este sentido, (Polteva and Sokolova op. cit.) consideran que la expresión cuantitativa del proceso de segregación de sesquióxidos depende para una determinada región de las condiciones de acidez-alcalinidad y oxidación-reducción y de la dinámica de dichas propiedades en el ciclo anual.

Como los factores mencionados están sujetos a las particularidades del clima y relieve en cada región las glébulas se presentan en distintos suelos habiéndose estudiado en spodosoles (Tonkonogov, op. cit.), chernozems (Bogdanov and Voropayeva op. cit.), alfisoles (Pawluk and Du manski op. cit.), ultisoles (Gallaher et al., op. cit.), inceptisoles (Eswaran et al., op. cit.) y argiudoles (Cescas et al., 1970).

No ha podido dilucidarse completamente la causa primaria que condiciona la formación y localización de los núcleos de crecimiento de las glébulas. Existen al respecto dos corrientes de pensamiento: por un lado los que invocan una génesis vinculada a factores físicos y físico-químico y los que sostienen que son el resultado de procesos microbiológicos.

Smith (1936) postula que al producirse un desecamiento irregular del suelo aumenta la concentración de la solución en los poros más pequeños, dando lugar a una precipitación localizada de sesquióxidos.

Aristovskaya (de Polteva and Sokolava op. cit.) considera que en el suelo están presentes microorganismos capaces de descomponer compuestos organominerales complejos liberando hierro y manganeso para obtener fuentes de energía. Los estudios microscópicos de dicha autora demuestran que cada concreción es una microcolonia de bacterias enmascarada por hidróxidos producto de sus metabolismo, constituyendo centros de crecimiento.

Bogdanov and Voropayeva, (op. cit.) establecen que las glébulas pueden formarse por translocación de sustancias o por movilización de soluciones dentro de un mismo horizonte (Drosdoff and Niki foroff, op. cit.).

Para el suelo en estudio este último origen es el que se supone más adecuado considerando la morfología del perfil, ya que justamente el horizonte A2 es el que posee mayor concentración de glébulas y también mayor proporción de segregación de sesquióxidos. Tampoco se descartaría el desarrollo de un incipiente proceso de translocación vertical del complejo sesquioxídico arcillo-húmico.

CONCLUSIONES

Las glébulas se distribuyen en todos los horizontes del perfil concentrándose especialmente en el A2.

Están constituidas por geles de óxidos de hierro y compuestos de manganeso, los que se hallan concentrados en determinados sectores englobando la S-matriz del suelo.

De acuerdo a su estructura interna se reconocen dos tipos de glébulas: nódulos con fábrica indiferenciada predominando en los horizontes eluviales y concreciones, comunes en los iluviales, caracterizándose por presentar fábrica diferenciada concéntrica.

Los caracteres micromorfológicos permiten afirmar que las glébulas son elementos de naturaleza autóctona.

El origen se vincularía a la movilización de soluciones dentro de un mismo horizonte y en menor proporción a un leve proceso de traslocación vertical.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a R. Valencia por autorizar la publicación de datos correspondientes a un trabajo inédito. Asimismo a D. Gentilini por las determinaciones de óxidos de hierro libres, a D. Borelli por los análisis término diferenciales, a J. Maggi por los difractogramas de Rayos X.

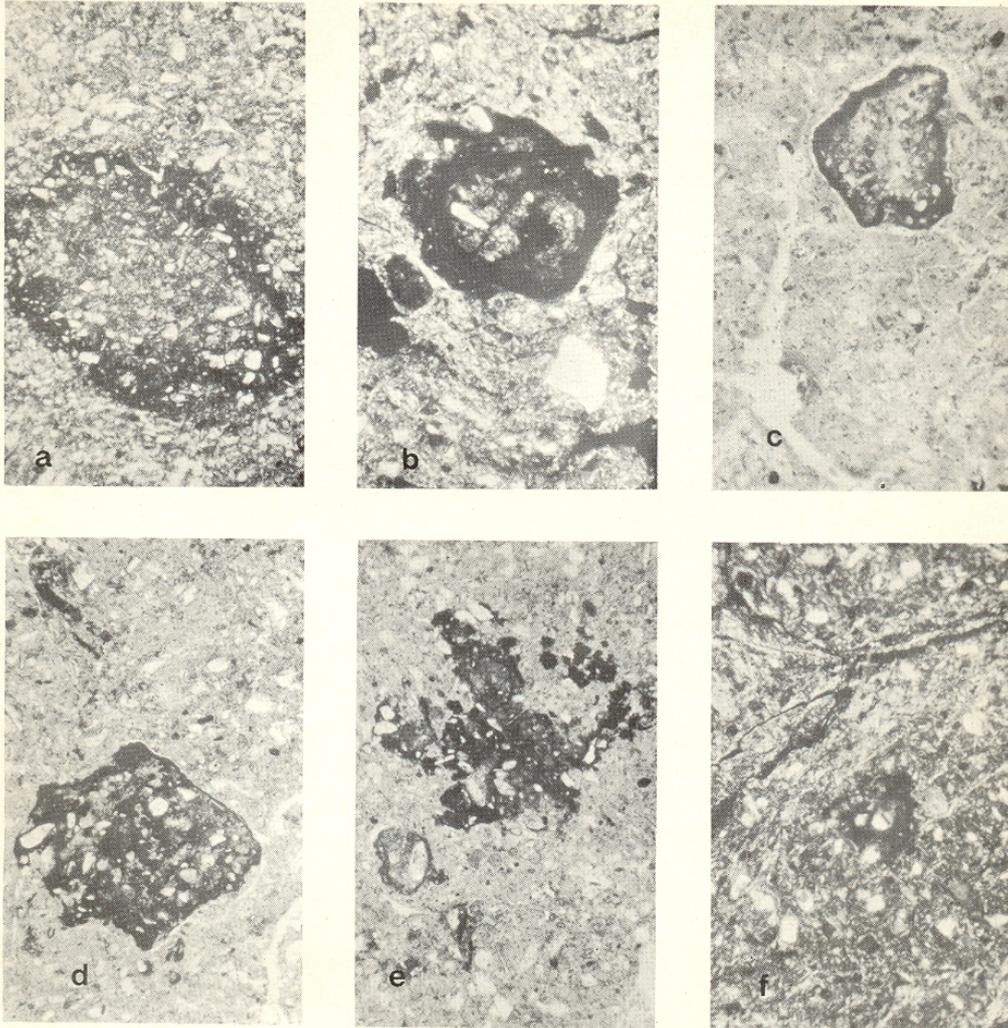


Figura 3:

- a - Concreción de límites difusos del horizonte A2. Se observa similitud entre la S matriz del suelo y la glóbula. S/analizador. Fábrica silasépica. X20.
- b - Concreción de límites netos del horizonte B2t. Se observan abundantes separaciones plasmáticas rodeando la glóbula, como asimismo alrededor de granos del esqueleto y vacíos. Fábrica omni-esquel-vosépica. C/analizador. X20.
- c - Concreción de límites netos del horizonte B2t rodeada por grietas periféricas. S/analizador. X20.
- d - Nódulo de límites netos del horizonte B2t, con impregnación sesquioxídica irregular. S/analizador. X20.
- e - Concentración irregular de sesquióxidos del horizonte B2t. S/analizador. X20.
- f - Nódulo irregular del horizonte B2t. C/analizador. X20.

ANEXO

Descripción morfológica del perfil de suelo

Ubicación: Estación General Mansilla. Partido de Magdalena. Provincia de Buenos Aires. 35° 04' 28" lat. Sur y 57° 43' 49" de long. Oeste.

Altitud: 12 metros s.n.m.

Relieve: ligeramente plano.

Pendiente: clase 2 (imperfectamente drenado).

Clasificación taxonómica: Argialbol.

Profundidad capa freática: 3-5 metros.

All	0-15 cm	Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 4/2 en seco; franco arcillo limoso; bloques subangulares, medios, débiles; muy friable, no plástico y no adhesivo, gradual y suave.
A12	15-29 cm	Pardo grisáceo (10YR 5/2; franco arcillo limoso; granular, medio, débil, friable, no plástico, no adhesivo; nódulos escasos, pardos (7,5YR 5/4) blandos, irregulares; abrupto y ondulado.
A2	29-38 cm	Gris parduzco claro (10YR 6/2); franco limoso; laminar muy débil, rompe a granular fino; muy friable, poroso; moteados finos, precisos; nódulos y concreciones abundantes, blandas, irregulares abrupto, ligeramente ondulado. Lenguas de este horizonte dentro del B21.
B21 t	38-87 cm	Pardo, pardo oscuro (7,5YR 4/3); arcilloso; columnar, grueso, fuerte, rompe a bloques angulares medios; firme, plástico y adhesivo; moteados pardo oscuro (7,5YR 4/4), gris oscuro (N 3/0), comunes, finos, débiles; nódulos y concreciones muy escasas, ligeramente duras, esféricas; barnices abundantes; claro y suave.
B22 t	87-118 cm	Pardo-pardo claro (7,5YR 5,5/4); arcilloso; bloques angulares, fuertes, medios, firme, plástico y adhesivo; moteados pardos (7,5 YR 3/2), gris muy oscuro (N 3/0), escasos, finos, débiles; concreciones y nódulos muy escasos, pequeños, ligeramente duros; barnices abundantes; gradual y suave.
B31	118-138 cm	Pardo (7,5YR 5/4); arcilloso; bloques subangulares, medios, fuertes, firme, ligeramente plásticos; adhesivo, moteados gris muy oscuro (n 3/0) en húmedo, comunes, finos y precisos; barnices escasos; concreciones y nódulos escasos gradual y suave.
B32	138-160 cm	Pardo claro (7,5YR 6/4); franco; masivo, rompe a bloques angulares, medios, débiles; ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, friable; moteados pardo (7,5YR 4/2) a gris muy oscuro (N 3/0), comunes, medios y precisos; concreciones muy escasas, pequeñas, duras; barnices muy escasos; gradual y suave.
C	160 cm	Pardo claro (7,5YR 6/4); franco arcilloso; masivo rompe a bloques subangulares débiles. ligeramente plástico, no adhesivo; moteados pardo (7,5YR 4/2) gris muy oscuro (N 3/0); comunes, medios y precisos; concreciones y nódulos muy escasos, pequeños y duros.

DATOS ANALITICOS DEL PERFIL

HORIZONTE	A11	A12	A2	B21 t	B22 t	B31	B32	C	
PROFUNDIDAD (cm)	0-15	15-29	29-38	38-87	87-118	118-138	138-160	160-	
pH (1:2,5)	6,0	6,5	6,7	7,0	7,6	7,8	8,0	7,9	
bases de intercambio Cmol _c kg ⁻¹	arcilla 2	30,50	28,00	23,00	56,00	50,00	50,00	no det.	45,50
	limo 2-50	52,50	52,50	53,75	32,00	33,75	35,00	no det.	40,75
	arena 50-2000	17,00	19,50	23,25	12,00	16,25	14,50	no det.	13,75
Materia orgánica %	4,57	2,16	0,91	0,81	0,39	0,28	0,12	0,13	
humus (%) cap. int. cat. Cmol _c kg ⁻¹	0,96	0,56	0,23	0,25	0,15	0,08	0,08	0,07	
	20,38	14,98	11,52	30,12	27,14	18,46	27,20	28,45	
composición granulométrica %	Ca ⁺⁺	13,82	10,69	8,12	20,59	18,85	20,80	20,39	22,28
	Mg ⁺⁺	1,53	1,83	0,96	5,45	5,14	6,58	4,89	4,26
	Na ⁺	0,77	0,45	0,42	1,19	1,26	1,25	1,31	1,32
	K ⁺	0,47	0,43	0,45	0,81	0,78	0,52	0,54	0,46

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, F., 1965. Manganese. En *Methods of soil analysis*, part. 2. Ed: Black, C. A. Agronomy 9 Am. Soc. Agron., Madison, Wis., 1011-1017.
- Bellifante, N., G. Paneque, C. Baños y L. Clemente, 1973. Nódulos y concreciones en suelos de terrazas del Guadalquivir (sur de España) *Soil Microscopy*. Proc. of the 4th Int. Work Meet. on Soil Micromorphology G. K. Rutherford E. Ontario, Canadá. 597-606.
- Blume, H. P. and U. Schwertmann, 1969. Genetic evaluation of profile distribution of aluminum, iron and manganese oxides, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 33: 438-444.
- Bogdanov, N. I. and Z. I. Voropayeva, 1969. Mn-Fe concentrations in West Siberian Chernozems as an index of their hydromorphic character. *Sov. Soil Sci.*, 11: 3-16.
- Brewer, R., 1964. *Fabric and mineral analysis of soils*. John Wiley and Sons, New York. 470 p.
- Cescas, M. P.; E. H. Tyner and R. S. Harmer, 1970. Ferruginous soil concretions. A scanning electron microscope study of their micropore structures. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34: 641-644.
- Drosdoff, M and C. C. Nikiforoff, 1940. Iron manganese concretions in Daytons soils. *Soil Sci.*, 49: 333-345.
- Eswaran, H., C. H. Lim, V. Sooryanarayana and N. Daud, 1978. Scanning electron microscopy of secondary minerals in Fe-Mg glauabules. *Micromorfología de suelo*. Proc. of the 5th Int. Work. Meet. on Soil Micromorphology M. Delgado Ed. Granada España. 851-885.
- Gallaher, R. N., H. F. Perkins, K. H. Tan and D. Radcliffe, 1973a. Soil concretions: I. X-Ray Spectrographs and electron microprobe analysis. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 37: 465-469.
- Gallaher, R. N., H. F. Perkins, K. H. Tan and D. Radcliffe, 1973b. Soil concretions: II. Mineralogical analysis. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 37: 469-472.
- Mackenzie, R. C. and G. Berggren, 1970. Oxides and Hydroxides of higher-valency elements Cap. 9. En: Mackenzie, R. C. (Ed.) *Differential Thermal Analysis*. Academic Press, London, 271-302.
- McKeague, J. A. and J. H. Day, 1966. Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can J. Soil Sci.*, 46: 13-22.
- Mehra, O. P. and M. L. Jackson, 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with bicarbonate. 7th Nat. Conf. Clays and Clay minerals, 5: 317-327.
- Oglaznev, A. K., 1968. New formations in fine texture hydromorphic sodpodzolic soils and thier importance for identification purposes *Sov. Soil. Sci.* 3: 327-339.
- Olson, R., 1965. Iron. En: *Methods of soil analysis*, part. 2. Ed.: Black, C. A. Agronomy 9 A. Soc. Agron., Madison Wis., 963-973.
- Orel Skaya, I. G. 1974. Manganese iron concretions in sod-podzolic gley soils. *Sov. Soil. Sci.* 2: 11-18.
- Pawluk, S. and J. Dumansky, 1973. Ferruginous concretions in a poorly drained soil of Alberta. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.*, 37: 124-127.
- Polteva, R. N. and T. A. Sokolova, 1967. Investigation of concretions in a strongly podzolic soil. *Sov. Soil Sci.*, 7: 884-893.
- Rolikova, V. I., 1961. Manganese-iron concretions in soils of the Suifhenh-Keauha lowland. *Sov. Soil Sci.*, 4: 431-437.
- Schwertmann, U., W. R. Fischer and H. Papendorf, 1968. The influence of organic compounds on the formation of iron oxides. 9th. Int. Cong. of Soil Science, Adelaide, Australia, 1: 645-655.
- Sherman, G. D. and Y. Kanehiro, 1954. Origin and development of ferruginous concretions in Hawian latosols. *Soil Sci.*, 77: 1-8.
- Smith, W. O., 1936. Sorption of an ideal Soil. *Soil Sci.*, 41: 299-230.
- Tonkonogov, V. D., 1970. Genesis of manganese iron new formations in sandy podzols. *Sov. Soil Sci.*, 3; 50-59.
- Valencia, R. F. J. y P. A. Imbellone, 1971. Formaciones ferromangáníferas en suelos del partido de Magdalena, Pcia. de Buenos Aires. Act. 6ta. Reunión Arg. de la C. del Suelo. Córdoba. 143-144.
- Zaydel'man, F. R. and A. A. Selishchev, 1980. Morphology of new formations in floodplain soils and their diagnostic importance. *Sov. Soil Sci.* 7: 12-24.