

## SUELOS SUBACUATICOS

Jorge Alberto de Orellana  
Instituto Nacional de Limnología  
José Macía 1933 - Santo Tomé (Santa Fe)

### RESUMEN

Una breve revista de los conocimientos sobre los suelos subacuáticos (suelos subhídricos, hidraquents), demuestra la necesidad de mayores estudios que permitan desarrollar su sig temática.

Este desarrollo es imprescindible para aprovechar las investigaciones que, sobre estos suelos, se llevan a cabo en otros países.

### SUMMARY: Underwater soils

A brief review about "underwater soils" (subhydric soils, hidraquents), shows that more studies are desirable to develop their taxonomy.

This advance is needed to utilize soils research from other countries.

## INTRODUCCION

El grado de hidromorfismo de los suelos abarca una amplia gama de variación, desde las áreas desérticas (sin hidromorfismo) hasta los lechos de los cuerpos de agua (permanentemente anegados).

Sin embargo, muchas de las clasificaciones de suelos no incluyen -en sus sistemas- a los representantes de los grados extremos (materiales secos no evolucionados o permanentemente sumergidos), particularmente a éstos últimos.

El análisis de las causas de tales omisiones nos lleva a plantear una cuestión aún no resuelta: el concepto mismo de suelo y su definición. Sobre este álgido tópico no existe todavía consenso unánime y, según la amplitud de criterio con que se lo defina, muchos suelos merecerán -o no- ser considerados como tales.

El concepto de suelo tiene -en este trabajo- la ampliación necesaria para involucrar a materiales subacuáticos; ya sea que sostengan vegetación -emergente o sumergida- o que, aunque no sustenten vegetación arraigada alguna, puedan potencialmente transformarse en suelos terrestres o semiterrestres por desaparición del cuerpo de agua suprayacente. Además, estos suelos sumergidos intercambian sustancias con el agua de la cual dependen las biocenosis acuáticas.

## LA SISTEMATICA DE LOS SUELOS SUBACUATICOS

El hidromorfismo imprime a los suelos rasgos peculiares, condicionando el sentido y la intensidad de la evolución.

Sin embargo, la importancia concedida al fenómeno en Sistemática es diversa: mientras las clasificaciones europeas (3) (10) lo utilizan como factor diferencial en las categorías más altas, el criterio americano lo subordina, razón por la cual los suelos hidromórficos aparecen -en este sistema- dispersos en varios grupos.

El sistema europeo que realmente involucra a los suelos subacuáticos es el de Alemania, desarrollado por Mückenhausen sobre un esquema anterior de Kubiena. Mückenhausen establece 4 grandes divisiones de suelos:

- A Terrestres (suelos no hidromórficos)
- B Semiterrestres (con hidromorfismo parcial)
- C Subhídricos (permanentemente sumergidos)
- D Pantanosos

Aunque la primera categoría está compuesta por mayor número de suelos estudiados, se nota claramente la importancia otorgada al hidromorfismo en este sistema. No obstante, dado el escaso desarrollo en la sistemática de los suelos subhídricos, resulta a veces dificultoso -cuando no imposible- incluir en los grupos previstos, a los suelos de las lagunas pampeanas y de las cuencas isleñas del Paraná.

En el sistema de Mückenhausen (13) los suelos semiterrestres comprenden a los Seudogley (con napa fluctuante) Gley (con napa permanente) y los "Marschen" (bañados).

Los subhídricos y los pantanosos resultan de dividir en dos la categoría de Suelos Subacuáticos establecida anteriormente por Kubiena (10) separando así:

- Suelos subhídricos: (Protopedon; Gytjtja; Sapro-pel; Dy).
- Suelos pantanosos: (bog) abarca desde suelos cuyo anegamiento depende de la napa hasta los inundados por lluvias.

En la clasificación Americana, recientemente se ha modificado el orden de los Entisoles (suelos no desarrollados, sin horizontes genéticos). De acuerdo con el último esquema (18) los suelos que nos ocupan -o por lo menos la mayoría de ellos- deberán ubicarse entre los Acuents.

Los Acuents son suelos permanentemente anegados, que conservan las exigencias antedichas para el orden de los Entisoles -al que pertenecen a nivel de suborden- y que se subdividen en cinco grandes grupos: criacuents, haplacuents, hidracuents, psammacuents y tropacuents.

Estos grupos difieren entre sí por el régimen térmico, el contenido orgánico y la textura, utilizándose también el color como elemento diagnóstico.

Los mencionados grupos de suelos se han dividido en subgrupos, excepto los hidracuents, que contienen a la gran mayoría de los subacuáticos. Una de las razones por las que continúa la discriminación es la falta de datos y publicaciones que aporten información útil para ello.

Por tal motivo, este trabajo tiende a iniciar una serie de estudios destinados a incrementar el conocimiento de los suelos subacuáticos.

## EL ESTUDIO DE LOS SUELOS SUBACUATICOS

Entre las causas que más han retardado el avance de la sistemática edafológica de dichos suelos, figuran las siguientes:

- Relativa escasez de estudios geomorfológicos de procesos constructivos (llanuras aluviales) con respecto a los destructivos (erosión);
- Prioridad de áreas cultivables, no inundables;
- Orientación de los estudios edafológicos a suelos agrícolas (terrestres y semiterrestres).

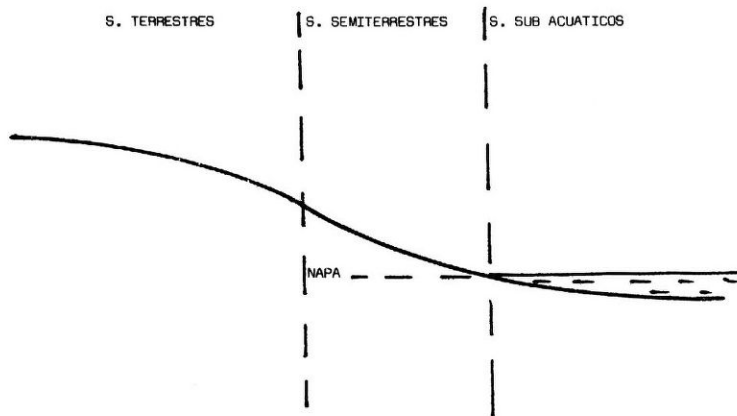
Por otra parte, antes de clasificar a estos suelos debe conocerse correctamente la frecuencia y duración de los amegamientos, a fin de establecer su real incidencia con respecto a otros fenómenos. A esto se añade el movimiento de las napas (fluctuación y migración lateral). En su mayoría, estos factores aún no han sido cuantificados como para ser utilizados como elementos de diagnóstico en los sistemas más precisos.

Por otra parte, el moderno concepto de suelo requiere la descripción y análisis de su perfil. La obtención de muestras aptas para ese fin resulta a menudo muy difícil, como lo prueba la aparición periódica de trabajos tendientes a resolver el problema (2).

La dificultad para describir perfiles subacuáticos hace que la mayoría de los trabajos se limite a correlacionar factores externos (por ej. vegetación) con algunas propiedades químicas del material de fondo de lagos y lagunas. Sin embargo, las conclusiones se hacen extensivas a los suelos, pese a que no se dan a conocer sus rasgos completos y hasta se ignora, a menudo, cuantas capas de sedimentos se han mezclado en cada muestra, las dimensiones de cada estrato y sus influencias respectivas en el resultado de los análisis practicados.

## PROPIEDADES E IMPORTANCIA DE LOS SUELOS SUBACUATICOS

Los suelos de esta clase adquieren día a día mayor interés. La necesidad mundial de producir alimentos exige la incorporación a la explotación de nuevas áreas y recursos. En tal sentido, los programas internacionales promueven el estudio de los suelos y de las técnicas que permitan aumentar, mantener o mejorar su producción, conservando intactas las propiedades naturales que la rigen.



ESQUEMA DEMOSTRATIVO DE LA SITUACION TOPOGRAFICA DE SUELOS TERRESTRES,  
SEMITERRESTRES Y SUB ACUATICOS.---

Dentro del campo de acción que nos ocupa, ha sido particularmente notorio el aporte hecho por los países productores de arroz, que elevaron considerablemente sus niveles sobre la base del conocimiento de suelos anegadizos.

Es de gran importancia el conocimiento del intercambio de nutrientes de dichos suelos con las aguas que los cubren, influyendo así en la composición y productividad de dichas aguas.

En cierto modo, el estudio de las semejanzas y diferencias que existen entre los suelos terrestres y subacuáticos permitirá discernir sobre la aplicabilidad -a éstos- de las leyes y descubrimientos efectuados en aquellos.

En efecto, según Vladychenskiy (21) ambas clases de suelos resultan de la interacción entre el sustrato mineral y la biosfera dentro del complejo de factores del paisaje geográfico; ambos poseen un perfil definido dividido en capas u horizontes. Además, ambos llevan impresas las características del ambiente externo en el cual se desarrollan, poseen fertilidad y sirven de base para el desarrollo de organismos vivientes.

Por el contrario, entre las diferencias fundamentales cabe señalar que los suelos terrestres interactúan -principalmente- con plantas superiores, mientras que los subacuáticos lo hacen, preferentemente, con microorganismos; que los primeros evolucionan en medio oxidante y los segundos en ambientes de reducción (anaerobiosis). Pero estas diferencias se acortan si recordamos: que en la relación "suelos terrestres-plantas superiores" desempeñan un papel fundamental los microorganismos; que, en muchos aspectos, los requerimientos nutritivos del fitoplancton se asemejan a los de las plantas superiores (9) y que -aún en suelos terrestres- las lluvias crean, temporariamente, anaerobiosis. Por último, la comparación se hace menos utópica si se efectúa entre suelos subacuáticos y suelos gleizados (con napas cercanas a la superficie), donde existen condiciones permanentes de reducción.

#### LOS "FONDOS" DE CUERPOS LENTICOS. HIDROSUELOS

Al investigar la productividad de lagos y lagunas, el estudio de los suelos subacuáticos adquiere cierta importancia. En tal sentido, Roelofs señaló la anarquía imperante en cuanto a la denominación misma del material estudiado, designado por términos "viejos y elásticos tales como *mud*, *ooze* y muchos otros" y propuso una clasificación de dichos materiales (17). En nuestro país se los ha llamado *materiales de fondo*, *lecho*, *fondos de lagunas*, *sedimentos de fondo*, etc.

Pero en todos estos casos, sólo se han interpretado datos obtenidos del techo del suelo subacuático, a profundidades variables (a veces desconocida o no mencionada) y tal vez mezclando dos o más capas sedimentarias.

Roelofs (op.cit.) adopta un concepto anteriormente definido por Veatch (20), quien llamó *hidrosuelos* ("Water soils or hydrosols") a los suelos que tienen agua como horizonte A (cuerpos de agua).

Este concepto parte de una analogía con los fenómenos edáficos de *eluviación* e *iluviación*, considerando que el material depositado en el fondo del cuerpo de agua hace que dicho fondo se asemeje a un horizonte B. El material mineral subyacente equivaldría a un horizonte C.

Aunque no muy ortodoxa desde el punto de vista estrictamente edafológico, la idea puede ser útil para interpretar la dinámica de fenómenos de fertilidad en cuerpos de agua. Concretamente, charcos y lagunas se asemejarían más a suelos "normales" a medida que disminuye su profundidad. En el límite,

cuando la profundidad de la capa tiende a cero puede aplicarse totalmente la ecuación de Jenny (8).

$$s = f' (cl', o', r', p, t)$$

donde se expresa que el suelo es función de *clima*, *organismos*, *relieve* (topografía), *material parental* (o de origen) y *tiempo*.

Las investigaciones ecológicas han puesto de manifiesto el papel que desempeñan los suelos subacuáticos en la productividad de los cuerpos de agua.

Esta influencia puede manifestarse mediante la cesión de nutrientes solubles al cuerpo de agua (Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, etc.) y gases (Anhídrido carbónico, oxígeno, etc.) o simplemente transmitiéndole propiedades químicas. Un ejemplo de este último caso son las lagunas alcalinas (Melincué, Paiva, etc.) donde el carácter sódico de los suelos circundantes es transferido al limnocio, precipitando el calcio de sus aguas (14) y manteniendo humatos alcalinos en suspensión. A su vez, estos interfieren sobre las condiciones lumínicas del medio.

Estos últimos ejemplos denotan -además de los hechos señalados- la influencia variable, en cantidad y calidad, que pueden ejercer, sobre un cuerpo de agua, los suelos que lo circundan.

La influencia del suelo sobre la composición del agua adquiere gran importancia en lagunas de poca profundidad -como en las pampeanas- y en esteros y bañados, no sólo por su bajo contenido ácuo sino también por las condiciones climáticas en las que evolucionan.

Una de las propiedades más importantes es el potencial de óxido reducción, que actúa como factor selectivo de la vegetación (1) (5).

Bajo condiciones anaeróbicas, además, adquieren valores particulares los ciclos del hierro y del azufre, entre otros.

El nitrógeno queda bloqueado en forma amoniacal y la nitrificación es mínima.

Según Harter (6), el sedimento de un lago eutrófico es capaz de adsorber gran cantidad de fósforo del agua. Además de las retenciones a cargo del hierro y del aluminio, otras cantidades adicionales pueden ser adsorbidas más debilmente, e independientemente del contenido de Fe y Al de los sedimentos.

Tras una adsorción temporaria, el fósforo puede ser liberado, influenciando el crecimiento de plantas y algas.

Dado que los requerimientos nutrientes de muchas algas son parecidos a los de las plantas superiores (9), la validez de numerosas investigaciones sobre la nutrición de dichos vegetales puede ser aplicada a cuerpos de agua, donde los suelos subacuáticos actúan como reguladores de las condiciones del medio.

La influencia del intercambio iónico puede llegar a ser más importante que la aireación, al menos en algunos ambientes turbosos (7).

Las variaciones que puede experimentar un suelo subhídrico se reflejan sistemáticamente en la fertilidad de cuerpo de agua suprayacente. Por ejemplo, Hasler (4) halló que el contenido de nitrógeno y fósforo de los sedimentos del lago Mendota incrementa con la profundidad del lago. Lo mismo halló Tadjenski (4) para los nutrientes y la materia orgánica. Frink (4) encontró correlación entre arcilla, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y profundidad de un lago eutrófico, en Connecticut. Esto ratifica la relación existente entre el proceso sedimentario y la fertilidad, lo que permitiría deducir ésta de las características del suelo subacuático.

Recientemente, en una laguna isleña del Paraná medio (12) se encontró que el ciclo del nitrógeno del suelo subhídrico parece vincularse con la textura superficial de sus sedimentos formadores. Datos de este tipo pueden ser útiles para explicar la distribución de ciertas poblaciones animales subacuáticas en función de la granulometría del fondo del cuerpo lenfítico.

A continuación se describe un suelo subhídrico del área mencionada. Pertenece a una laguna eutrófica, muy playa, semipermanente, aunque el suelo permanece saturado con humedad casi todo el año. Otros ejemplos de suelos de esta clase han sido descriptos en trabajos anteriores (15) (16) (19).

#### PERFIL D F 7 (Hidracuent)

Horiz. Profund.

Características

I	0-4	Pardo (10YR 5/3) en seco; pardo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2,5) en húmedo; arcillo - limoso, con estructura laminar, muy fina, débil; suelto. Límite inferior abrupto, ondulado.
---	-----	---



- II 4-27 Pardo pálido (10 YR 6/3) en seco, a pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/2) en húm.; franco-arcillo - limoso, con estructuras de bloques angulares gruesos, fuertes; firme. Abundantes barnices férricos rojos (2,5 YR 4/6), pardo rojizo oscuro (2,5 YR 3/4), pardo fuerte (7,5 YR 5/6) y amarillo pardusco (10 YR 6/6). Límite inferior abrupto, ondulado.
- III 27-33 Gris pardusco claro (2,5 Y 6/2) en seco, a pardo grisáceo oscuro (2,5 Y 4/2) en húm.; franco-arcillo - limoso, con estructura de prismas finos, moderados, que rompen en bloques angulares finos y medios, moderados a fuertes; friable. Límite inferior abrupto, ondulado.
- IV 33-36 Gris (10 YR 5,5/1) en seco, a gris oscuro (10 YR 4/1) en húm.; arcillo: - limoso; con estructura de bloques angulares, muy finos a medios, fuertes; friable. Límite inferior abrupto, ondulado.
- V 36-51 Gris a pardo grisáceo (10 YR 5/1,5) en seco, a pardo grisáceo oscuro (10 YR 4/1) en húm.; franco-arcillo - limoso, con prismas finos, moderados, que rompen en bloques angulares finos a medios, fuertes; friable. Límite inferior abrupto, ondulado.
- VI 51-65 Gris pardusco claro (2,5 YR 6/2) en seco, a pardo grisáceo oscuro (2,5 YR 4/2) en húm.; franco-arcillo: - limoso, con prismas finos, moderados, que rompen en bloques angulares, finos a medios, fuertes, friables. Moteados comunes, finos, destacados, de manganeso. Límite inferior abrupto, ondulado.
- VII 65-114 Gris a pardo grisáceo en seco (10 YR 5/1,5); pardo grisáceo muy oscuro en húm. (10 YR 3/2). Arcilloso, con bloques angulares finos, medios, fuertes, friables.

Observaciones: las raíces tienen un amplio desarrollo, pero sólo prosperan entre las grietas de los agregados. El Fe abunda en todo el perfil, barnizando grietas, paredes y huecos de raíces.

La vegetación dominante en este suelo es *Ludwigia peploides*, con una cubierta vegetal del 80%. En el momento de la observación, la napa había descendido hasta 1,15 m., pese a lo cual el perfil estaba muy húmedo.

## COMPOSICION DEL SUELO

Resulta interesante observar la composición cambiante de las capas que componen el perfil estudiado. Para ello se presentan algunos datos principales. Ningún horizonte es salino.

Hor.	Granulometría %			M.Org. %	pH	C	Complejo de Intercambio (m.e.l)				
	arc.	limo	arenas				Ca	Mg	Na	K	H
I	45,0	46,5	8,5	12,0	4,1	17,7	4,7	0,3	0,9	14,3	40,6
II	35,5	60,0	4,5	4,0	4,1	10,0	4,0	0,2	0,5	10,2	25,4
III	32,0	59,0	8,0	0,8	4,4	9,1	5,6	0,3	0,4	6,5	21,8
IV	No determinado			1,7	4,6	14,1	6,7	0,5	0,6	8,0	29,9
V	47,5	45,5	7,0	1,5	4,6	13,5	7,4	0,4	0,5	8,0	30,5
VI	32,5	58,5	9,0	0,9	4,6	11,9	6,1	0,4	0,4	4,7	24,9
VII	51,0	39,0	10,0	1,8	4,9	15,9	6,4	0,5	0,4	6,1	30,2

De la observación del cuadro de valores surgen algunos aspectos destacados, como por ejemplo:

- La fuerte acidez del suelo, intensificada en su superficie, con un pH de 4,1. Esta acidez resulta ría limitante para la mayoría de las plantas cultivadas, si eventualmente se drenara el ambiente para someterlo a explotación agrícola.
- El alto tenor en materia orgánica, propio de las condiciones imperantes, que no facilitan su descomposición (anaerobiosis).
- Apreciables porcentajes de arcilla que, en ausencia de gran cantidad de agua, serían fuertemente limitantes del desarrollo vegetal.

Es de destacar que no existen experiencias de explotación -con suelos semejantes- en la Argentina, por lo cual sería importante ensayar su posibilidad productiva, natural y artificial.

## CONCLUSION

La apretada síntesis antes expuesta ha tratado de poner en evidencia la necesidad de intensificar el estudio de los suelos subacuáticos (o subhídricos, o hidracuents).

Para que dichos estudios alcancen la claridad y utilidad deseables, deberá hacerse énfasis en:

- 1) Descripción de dichos cuerpos naturales como verdaderos suelos, mencionando sus capas u horizontes y caracterizando a cada uno de estos por sus propiedades edáficas.
- 2) Acumulación de datos hasta producir material suficiente como para intentar una clasificación y nomenclatura racionales y suficientemente precisas de tales suelos.
- 3) Difusión y aplicación de tal clasificación a todos los suelos subacuáticos, especialmente a aquellos en los cuales yá se han efectuado experiencias o estudios sobre ecología, fertilidad, productividad, etc.
- 4) Esto hará factible la correcta interpretación de las experiencias realizadas en suelos similares de otras regiones del mundo y la puesta en marcha de investigaciones sobre propiedades específicas de nuestros suelos subacuáticos.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1.- ARMSTRONG, W. y BOATMAN, D. J. 1967. Some field observations relating the growth of bog plants to conditions of soil aeration. J. Ecol., 55:101-110.
- 2.- CHAPLIN, G. R. 1969. A simple technique for sampling flooded soils at different depths. Soil Sci., 108:303-304.
- 3.- DUCHAUFOR, Ph. 1965. Précis de pédologie. Paris, Masson, 481 p.
- 4.- FRINCK, C. R. 1969. Chemical and mineralogical characteristics of eutrophic lake sediments. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 33:369-372.
- 5.- GORE, A. J. P. y URQUHART, C. 1969. The effects of waterlogging on the growth of *Molinia caerulea* and *Eriophorum vaginatum*. J. Ecol., 54:617-633.
- 6.- HARTER, R. D. 1968. Adsorption of phosphorus by lake sediment. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 32:514-518.
- 7.- INGRAM, H. A. P. 1967. Problems of hidrology and plant distribution in mires. J. Ecol., 55:711-724.
- 8.- JENNY. 1941. Factors of soil formation. New York, Mc.Graw Hill, 281 p.
- 9.- KETCHUM, B. H. 1954. Mineral nutrition of phytoplankton. Ann. Rev. Plant Physical., 5:55-74.

- 10.- KUBIENA, W. L. 1952. Claves sistemáticas de suelos. Madrid, Cons. Sup. Inv. Cient., 359 p.
- 11.- MIACZYNSKI, C. R. O. 1969. Las tendencias actuales en la clasificación de suelos. Actas 5a. Reun. Arg. Cs. Suelo, p. 269-278. Asoc. Arg. Cs. Suelo. Santa Fe.
- 12.- MIR, A. L. y MAITRE, M. I. 1970. Aplicación de las técnicas de Pochon -para el ciclo del N- a suelos hidromórficos y sedimentos. Rev. Asoc. Cs. Nat. Litoral 3.
- 13.- MÜCKENHAUSEN, E. 1965. The soil classification system of the Federal Republic of Germany. Pédologie, Intern. Symp. Gantes, 3:57-74.
- 14.- ORELLANA, J. A. de. 1967. Estudio limnológico de la laguna Paiva, Pcia. de Santa Fe, República Argentina. Physis XXVII(74):169-186.
- 15.- ORELLANA, J. A. de. y BERTOLDI de POMAR, H. 1969. Introducción al estudio de los suelos isleños del Paraná medio. Actas 5a. Reun. Arg. Cs. Suelo, p. 417-423. Asoc. Arg. Cs. Suelo. Santa Fe.
- 16.- ORELLANA, J. A. de y PRIANO, L. J. J. 1969. Transección en el complejo isleño del Paraná (b) suelos. Actas 5a. Reun. Arg. Cs. Suelo, p. 503-509. Asoc. Arg. Cs. Suelo. Santa Fe.
- 17.- ROELOFS, E. W. 1944. Water soils in relation to lake productivity. Michigan Agr. Exp. Sta. Techn. Bull. 190.
- 18.- SOIL SURVEY STAFF (USA). 1967. Supplement to soil classification system (7th approximation). Soil Cons. Serv. USDA. EEUU. 207 p.
- 19.- TUR, N. M. y ORELLANA, J. A. de. 1969. Relación suelo-vegetación en la zona isleña del Paraná medio. Actas 5a. Reun. Arg. Cs. Suelo, p. 482-490. Asoc. Arg. Cs. Suelo. Santa Fe.
- 20.- VEATCH, J. O. 1931. Classification of water soils is proposed. Michigan Agr. Exp. Sta. Quart. Bull., 14(1):20-23.
- 21.- VLADYCHENSKIY, S. A. 1968. Some problems of "underwater soils formation" and the use of shallow water areas. Sov. S. Sc., 3:310-318.

Recibido para su publicación: abril 17 de 1971.