

## ESTIMACION DE LA SALINIDAD Y OTRAS CARACTERISTICAS EDAFICAS A TRAVES DE LOS VOLUMENES DE SEDIMENTACION

L NIJENSOHN, J A MAFFEI

Instituto de Suelos y Riego-Departamento de Ingeniería Agrícola-Facultad de Ciencias Agrarias-U.N.de Cuyo-5505 Chacras de Coria-Mendoza-Argentina. e-mail:<lnijensohn@planet.losandes.com.ar>

### ESTIMATION OF SALINITY AND OTHER SOIL CHARACTERISTICS THROUGH SEDIMENTATION VOLUMES

This simple procedure is based on the sedimentation volumes in demineralized (SVW) and gypsum saturated water (SVG), and the electrical conductivity (EC) of their equilibrium solutions (ECSVW, ECSVG). A highly significant linear correlation was found between the EC of the saturation extracts calculated by the proposed method and the ECS determined by the standard procedure. The SVW is related to the textural class and to the saturation and 1 500 kPa water percentages. From the comparison of the ECSVW and ECSVG it can be inferred the presence of gypsum and its proportion till *ca.* 7.5 g kg<sup>-1</sup>. Positive reaction to phenolphthalein and/or noticeable differences between ECSVG and ECSVW and/or SVG and SVW values may indicate sodicity and/or dispersibility characteristics of the analyzed sample.

**Key words:** Sedimentation volume-Salinity-Texture-Hydric capacities-Gypsum-Sodicity

### INTRODUCCION

El carácter superintensivo de la agricultura regadía exige un manejo diferenciado de los cultivos en función, entre otros factores, de las particularidades del sitio dentro de un mismo tipo edáfico general. La heterogeneidad característica de los suelos aluviales hace que, frecuentemente, dentro de una misma unidad productiva de tamaño medio se puedan identificar sectores de distinta textura, capacidad de retención de agua aprovechable por la planta, nivel de salinidad y de nutrimentos disponibles, etc.

Sin perjuicio de los estudios edáficos básicos previos, indispensables en la planificación de cultivos y del riego y cuya ejecución e interpretación implican la intervención especializada, las circunstancias arriba señaladas indican la necesidad de multiplicar en el tiempo los análisis de suelo para diagnosticar condiciones actuales y prescribir las labores correspondientes: lavado de sales, oportunidad y lámina de riego, fertilización adecuada, etc. Por otra parte, las características dinámicas de algunos de los parámetros edáficos necesarios para la toma de decisiones por parte del ingeniero agrónomo, destacan la importancia de métodos de diagnóstico sencillos, que no requieran instrumental costoso y que puedan ser desarrollados en el campo o en pequeños laboratorios. Consecuente con este planteo, una línea significativa dentro de los proyectos del Instituto de Suelos y Riego está constituida por el desarrollo de metodología adaptada a las necesidades definidas en los párrafos precedentes (Nijensohn 1988, 1993). El objetivo de este trabajo es proponer una metodología para determinar simultáneamente el nivel de salinidad del suelo, clase textural, capacidad hídrica de saturación y en equilibrio con 1500 kPa y, eventualmente, su contenido de yeso o probable sodicidad. Todo eso a través de procedimientos sencillos como el del volumen de sedimentación y determinaciones asociadas de conductimetría y reacción a la fenolftaleína.

### MATERIALES Y METODOS

#### Fundamentos del método propuesto

El volumen de sedimentación (VS) está relacionado con la clase textural del suelo (Nijensohn 1971) y con la capacidad hídrica en equilibrio con una succión matriz vinculada con el nivel mínimo de agua disponible (Nijensohn, Pilasi 1970, Jacobi, Quaino 1980). Estos antecedentes justifican plantear la posibilidad de una correlación entre el VS y la capacidad hídrica de saturación (WS), de modo que la conductividad eléctrica determinada en la solución sobrenadante del VS en agua (CEVSW) estaría a su vez relacionada con la conductividad del extracto de la pasta saturada (CES), que es el parámetro más utilizado para calificar el nivel de peligrosidad salina. Pero, considerando que en suelos regadíos es frecuente que una parte de sus sales corresponda a compuestos de limitada solubilidad, como son el yeso (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) y el bicarbonato de calcio Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, no en todos los casos la relación CES/CEVSW sería simplemente equivalente a la relación suelo/agua en los extractos respectivos. Mientras que la proporción de bicarbonato de calcio oscila dentro de márgenes estrechos, y su influencia puede quedar incluida dentro de los coeficientes de la regresión a establecer, la del yeso es muy variable y su incidencia, de no corregirse cuando corresponde, puede dar origen a importantes errores en las estimaciones. Por lo tanto, es necesario conocer que parte de la CEVSW corresponde al yeso, para limitar su contribución a la CES calculada a partir de la CEVSW, la que no puede exceder el valor máximo correspondiente a su solución saturada.

Sobre la base de las consideraciones anteriores se plantea la siguiente cadena de razonamientos: 1) la conductividad eléctrica del líquido sobrenadante en la probeta donde se determina el volumen de sedimentación en agua equivaldría a la suma de las conductividades eléctricas de las sales comunes, de solubilidad prácticamente ilimitada (CESSVS), y la del yeso (G) que pudiera estar presente

$$(CEGVS): CEVSW = CESSVS + CEGVS \quad (1)$$

2) si paralelamente se hace una determinación del volumen de sedimentación en agua saturada con yeso, la conductividad eléctrica del líquido sobrenadante (CEVSG) será aproximadamente igual a la de las sales solubles más 2.2 DS m<sup>-1</sup> que es, a 25°C, la de la solución saturada de yeso (Washburn 1924), lo que se expresa como:

$$CEVSG = CESSVS + 2,2 \text{ dS m}^{-1} \quad (2)$$

3) combinando (1) y (2):

$$CEGVS = CEVSW + 2,2 - CEVSG, \text{ dS m}^{-1} \quad (3)$$

4) de no haber sales de solubilidad limitada la CES debiera ser aproximadamente igual a la CEVSW multiplicada por un factor de concentración (FC) proporcional a la relación agua:suelo en el volumen de sedimentación, que en el procedimiento propuesto es constante e igual a 3, dividida por la relación agua:suelo correspondiente a la pasta saturada (WS), o sea:

$$FC = 3/WS \quad (4)$$

5) en reemplazo de la determinación directa de WS, el valor de FC para cada suelo puede ser estimado a partir de su VS en agua (VSW), a través de una ecuación de regresión calculada a partir de valores de FC encontrados experimentalmente para una amplia gama de suelos regadíos, de distinta salinidad y textura (datos inéditos). Este FC estimado engloba la influencia de la variación de los coeficientes de actividad de las sales y de los distintos contenidos hídricos en equilibrio con la atmósfera. Para VS a partir de 0,7 ml g<sup>-1</sup> resulta ser:

$$FC = 14,598511 - 6,595 VSW \text{ ml g}^{-1} \quad (5)$$

6) si el producto de la CEGVS (3) por el factor de FC (5) fuera menor de 2,2 DS m<sup>-1</sup>, la conductividad eléctrica del extracto de saturación calculada (CESC) sería:

$$CESC = CEVSW FC, \text{ dS m}^{-1} \quad (6)$$

Pero, si al multiplicar la conductividad del yeso en el VSW, calculada de acuerdo a (3), por el FC el valor obtenido supera los 2,2 dS m<sup>-1</sup>, que es la máxima atribuible al yeso, la conductividad del extracto de saturación calculada debe tener en cuenta ese límite según:

$$CESC = (CEVSW FC) + 2,2 - (CEVSW FC), \text{ dS m}^{-1} \quad (7)$$

#### Procedimiento

Pesar 2 alícuotas de 25 g de la tierra seca al aire y pasada por tamiz de 2 mm (TFSA). En probetas de 100 ml, graduadas al ml, agregar con pipeta aforada 50 ml de agua desionizada en una y 50 ml de solución saturada con yeso (CE=2,2 dSm<sup>-1</sup>, 25°C) en la otra.

Pasar las alícuotas de TFSA a las probetas individualizadas, agitar vigorosamente con un anza de alambre terminado en un aro perpendicular al mango, enjuagar las paredes con 25 ml exactos de los respectivos líquidos, volver a homogeneizar, y dejar en reposo por lo menos 24 horas, o el tiempo suficiente para que el volumen sedimentado no varíe. Calcular los volúmenes de sedimentación en agua (VSW) y en solución saturada de yeso (VSG), expresados en ml g<sup>-1</sup>, multiplicando el volumen leído en ml por 0,04. Determinar en los líquidos sobrenadantes las respectivas conductividades eléctricas. Mediante el agregado de un par de gotas de fenolfaleína verificar si la reacción es positiva.

## RESULTADOS Y DISCUSION

#### Estimación de la conductividad eléctrica del extracto de saturación.

Con los datos obtenidos a partir del procedimiento descrito y mediante las ecuaciones (2), (5) y (6) ó (7) se determina la CESC de la muestra. El método propuesto se aplicó a 79 muestras de suelos minerales, de clima árido, con un rango de salinidad determinada con el método patrón entre 0,56 y 27 dS m<sup>-1</sup>, con texturas de franco arenosas a franco-limo-arcillosas y variables contenidos de calcáreo (entre 10 y 100 g kg<sup>-1</sup>) y yeso (de 0 a más de 10 g kg<sup>-1</sup>). Los valores obtenidos y los parámetros de la regresión entre las CES determinadas con el método estándar (Richard 1956) y las calculadas con el método propuesto se muestran en la Figura 1, de cuyo examen se desprende la alta eficiencia predictiva de este último (r<sup>2</sup>=0,975). El ajuste entre las CES calculadas y las determinadas directamente es altamente satisfactorio y las

desviaciones observadas no afectan, en la casi totalidad de los casos, a la calificación de peligrosidad salina que les corresponde de acuerdo a los criterios generalizados. Mayores detalles sobre éste y demás parámetros determinados con el método propuesto y características de los suelos analizados se consignarán en un trabajo ampliatorio en preparación.

#### Estimación de la clase textural

Tanto VS como la WS están relacionados con la composición granulométrica del suelo, por lo que sus valores *per se* dan una idea aproximada de su textura. Richards (1956), en una clasificación en grandes grupos texturales, asigna a suelos de textura gruesa, media, fina y orgánica valores indicativos promedios de porcentajes de saturación del 32%, 42%, 60% y 142%, respectivamente, con extremos que, en algunos casos, se apartan considerablemente entre ellos. Para Entisoles regadíos, con predominancia de limo en su fracción fina, datos experimentales (Nijensohn 1971, Maffei inéditos) nos permiten indicar los valores que se consignan en la Tabla 1.

#### Estimación de la capacidad de saturación

En las mismas 79 muestras se determinó WS y los valores obtenidos fueron correlacionados con el VSW, por un lado, y con la capacidad de saturación estimada a

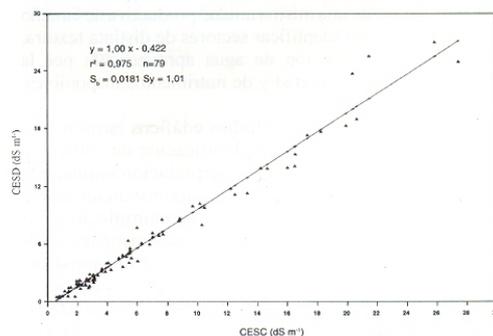


Figura 1. Relación entre conductividades eléctricas de extractos de saturación calculadas de acuerdo al método propuesto (CESC) y las determinadas por el método estándar (CESD).

Tabla 1. Calificación textural en función del volumen de sedimentación y de la capacidad hídrica de saturación

Grupo textural	VS (ml g <sup>-1</sup> )	WS (g g <sup>-1</sup> )
Arenoso	0,70 o menos	0,30 o menos
Arenoso franco a	0,70 a 0,85	0,30 a 0,35
Franco arenoso franco	0,85 a 1,00	0,35 a 0,40
Franco limoso	1,00 a 1,20	0,40 a 0,45
Franco limo arcilloso	1,20 a 1,40	0,45 a 0,50
Franco arcilloso, limoso a arcilloso	más de 1,40	0,50 o más

partir del FC, ecuaciones (4) y (5), por otro. Las respectivas regresiones se muestran en la Tabla 2; de su examen surge la superioridad del VSW como variable independiente y justifica su uso como parámetro indicativo de clase textural (Figura 2). El mejor ajuste de la WS calculada directamente a partir del VSW, frente a la WS en función del FC, se explicaría porque la ecuación empírica (5) que relaciona al VSW con el FC, engloba la influencia de otros factores ajenos a la WS, como se mencionó en el punto (5) de los fundamentos del método.

#### Capacidad hídrica a 1.500 kPa (W1500kPa)

Con el VSW como variable independiente puede calcularse el valor aproximado de este importante parámetro en el manejo del riego mediante la regresión encontrada para suelos regadios de areno-francos a franco-limo-arcillosos por Nijensohn, Pilasi (1970), donde:  
 $W1500kPa (ml\ \%g) = 0.297 VS (ml\ \%g) - 18,9$   $r^2 = 0,822$

#### Presencia de yeso

La aplicación del procedimiento descrito permitió detectar y estimar la presencia de yeso en la mayor parte de las muestras de suelos de la región de los Ríos Mendoza y Tunuyán, lo que es congruente con la naturaleza de los procesos pedogenésicos y la naturaleza selenitosa de las aguas de riego empleadas.

Tabla 2. Regresiones entre las capacidades de saturación determinadas (Y), las capacidades de saturación estimadas a partir del factor de concentración ( $X_1$ ) y los volúmenes de sedimentación en agua ( $X_2$ ).

	Coefficiente	Constante	$r^2$	Error Estandard Estimación	Coefficiente
$X_1 (ml\ g^{-1})$	1,32	-0,115	0,768	0,0367	0,083
$X_2 (ml\ g^{-1})$	0,48	-0,095	0,775	0,0361	0,0296

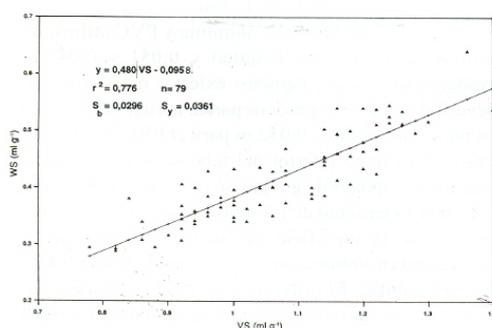


Figura 2. Relación entre volúmenes de sedimentación (VS) y las respectivas capacidades hídricas de saturación determinadas (WS).

#### Condición sódica

Se puso en evidencia en muestras de suelos de Santiago del Estero, región del Río Dulce, y de Choele Choele, Pcia de Río Negro, las que no integraron las 79 analizadas para el establecimiento de las correlaciones informadas. En todas ellas se manifestó en el líquido sobrenadante una marcada reacción a la fenoltaleína, perceptible aún en aquellas que presentaban alta turbidez por coloides en persistente suspensión. Además, en aquellas correspondientes a suelos sódicos no salinos, la CES calculada con el procedimiento propuesto excede a la real determinada en la medida que afectaría su calificación agronómica. Esto se podría atribuir al intercambio del calcio de la solución yesosa por sodio adsorbido, con formación de  $Na_2SO_4$ , de mayor conductividad eléctrica equivalente que el  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ .

En resumen: del conjunto de lo expuesto puede afirmarse que mediante la aplicación del método propuesto, basado en las determinaciones de los volúmenes de saturación en agua desmineralizada y en solución saturada de yeso y sus respectivas CE, es posible: 1) calificar la categoría de peligrosidad salina de una muestra de suelo, de acuerdo con la escala correspondiente a la CE estimada del extracto de pasta saturada; 2) apreciar la clase textural y la presencia de yeso; 3) calcular con aproximación satisfactoria las capacidades hídricas de saturación y en equilibrio con una succión matriz de 1.500 kPa y 4) identificar el carácter sódico de la muestra analizada.

#### REFERENCIAS

- Jacobi J, O Quaino, 1980. Relación entre la Capacidad Hídrica a 15 bares y el volumen de sedimentación en suelos de la Pcia. de Santa Fé. IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo I.: 31-37.
- Nijensohn L, H Pilasi, 1970. El volumen de sedimentación como método indirecto para la determinación de la capacidad hídrica a 15 bares. V Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo.: 64-67.
- Nijensohn L, 1971. Clasificación textural en función de la capacidad hídrica de saturación. En Clasificación y estudios de suelos en el área del proyecto del Río Dulce. Editado por Corporación del Río Dulce. Santiago del Estero. Argentina. 188 pp.
- Nijensohn L, 1988. Determinación del nivel de salinidad edáfica a partir del quintuple extracto de saturación. Revista Ciencia del Suelo, 4: 8-13.
- Nijensohn L, 1993. Determinación conductimétrica de yeso total en suelos. Informes Científicos y Técnicos del Instituto de Suelos y Riego N°43. Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo. Mendoza 8pp.
- Richards L A (editor), 1956. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Salinity Laboratory Staff. USDA. Handbook 60. Washington, D.C. 160 pp.
- Washburn E W (editor), 1929. International critical tables of numerical data, physics, chemistry and technology. Volume VI. National Research Council, McGraw-Hill Book Company Inc. New York and London.