DETERMINACION DEL NIVEL DE SALINIDAD EDAFICA A PARTIR DEL QUINTUPLE EXTRACTO DE SATURACION

León Nijensohn (1)

Cátedra de Edafología, Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Cuyo
Almirante Brown 500 – Chacras de Coria
Mendoza

RESUMEN

El método propuesto pretende inferir, con razonable aproximación, la conductividad electrolítica del extracto de pasta saturada (CE_{es}) a partir de uno de relación suelo–agua lo suficientemente amplia como para permitir su obtención sin empleo de vacío ni de presión y, en numerosos suelos, por simple decantación.

Se conservan las ventajas del extracto de saturación con respecto a los efectos de la textura mediante una relación cuantitativa fija entre la proporción de agua empleada y la necesaria para lograr la pasta saturada.

De la comparación entre la CE del quíntuple extracto de saturación (CE_{5es}) y la de ese mismo saturada con yeso se cuantifican las influencias relativas de las sales muy solubles y la del sulfato de calcio, de mo do de extrapolar sus proporciones respectivas en la CE_{es} y calcular el valor de ésta.

En el cálculo se incluyen factores promedio de corrección por la humedad higroscópica y por la variación de las actividades iónicas con la dilución.

Palabras claves: Diagnóstico de salinidad; extractos de suelos; conductividad electrolítica; suelos salinos, sódicos, yesosos.

DETERMINATION OF SOIL SALINITY LEVEL STARTING FROM THE QUINTUPLE SATURATION EXTRACT

ABSTRACT

The proposed method pretends to predict with reasonable aproximation the electrolytic conductity of the saturation extract (EC_{se}) starting from one with a wider soil: water ratio, obtained without the use of vacuum or pressure and, in many soils, by simple decantation.

The advantages of the saturation extract, as a method that takes automatically into account the textural effects on salt concentration are preserved by keeping a fixed ratio between the water used and the volume necessary to prepare a saturated paste of the same soil.

The relative influences of the very soluble salts and the calcium sulphate are estimated and extrapolated to a predicted EC_{se} by comparing the conductivities of the "quintuple saturation extract" and of the same one previously saturated with gypsum.

Average correcting factors for the humidity of the air dried sample and for the variations of the ionic activities with dilution are included in the calculations.

Key words: Salinity diagnosis; soil extracts; electrolytic conductivity; saline, sodic and gypseous soils.

(1) Profesor Emérito; Investigador del CONICET.

INTRODUCCION

Las ventajas del extracto de la pasta saturada, o extracto de saturación, –popularizado a partir de la ya clásica publicación del USSL Staff (1954)– lo han convertido en el procedimiento preferido en la primera etapa del esquema de diagnóstico de los aspectos cuanti y cualitativos de la salinidad edáfica (Rhoades, 1984).

Frente a los extractos de relaciones suelo:agua más amplias y predeterminadas (1:2, 1:5 ó 1:10), los que basados fundamentalmente en la facilidad de su obtención siguen todavía utilizándose en ciertos países como URSS (Agricultural Research Service, 1962) y Australia (Loveday et al., 1972; Tucker y Beatty, 1974), o para determinadas aplicaciones (v. gr. control rápido de tratamientos de desalinización),; el extracto de saturación es más representativo de las condiciones del ambiente radical, al ser el que más se aproxima en composición a la fase líquida del suelo en el rango de su humedad natural. En efecto, al corresponder el porcentaje de saturación a un valor energético determinado (pFO) en la curva de Capacidad Hídrica del suelo (Nijensohn, 1961), su obtención corrije automáticamente los efectos de la textura sobre la concentración salina de la solución del suelo, y disminuye los que ejercen las diluciones de relación fija sobre las sales de solubilidad limitada, especialmente yeso, y sobre los equilibrios de intercambio. Es por eso que la mayor parte de los datos experimentales relacionados con la cuantificación de la tolerancia de los cultivos a la salinidad están expresados como valores de CE_{es} (Maas y Hoffman, 1977).

Una relativa restricción que acompaña al extracto de saturación, es la necesidad de contar, para lograrlo, con dispositivos de filtración al vacío o a presión, de los que se puede carecer en un laboratorio elemental, o no disponer de unidades suficientes para atender el volumen de muestras a analizar.

Numerosos autores han intentado simplificaciones metodológicas tratando de relacionar la CE de suspensiones con la CE_{es}. Pero todos los que obran en nuestro conocimiento han optado por extractos de relaciones suelo:agua fijas y gravimétricas, independientes del porcentaje de saturación de cada muestra en particular. Las correlaciones encontradas limitan su utilidad a estrechos rangos texturales (Lavado, 1976/7), o requieren determinaciones químicas adicionales (Abrisqueta et al., 1970; Cárpena et al., 1970) o conocimiento previo del tipo de sales predominantes (Singhla et al., 1974).

El objetivo de este trabajo es el de formular un procedimiento que permita el cálculo de valores de similar representatividad diagnóstica que los conseguidos a través del extracto de saturación y, al mismo tiempo, que posea la facilidad de ejecución propia de los extractos de relación amplia, a la vez que no requiera determinaciones químicas y que sea válido aún para suelos con y sin presencia de yeso.

HIPOTESIS PREVIAS

Como bases para llegar a la formulación de un procedimiento que cumpliera con el objetivo buscado, se partió de las siguientes hipótesis:

1. Las ventajas del extracto de saturación frente a los más diluídos, con respecto a la consideración automática del efecto de la textura, podrían conservarse si el volumen de agua a agregar en un extracto de relación más amplia guardara una proporción fija con la cantidad de agua necesaria para saturar la muestra, y no con el peso de ella.

Por razones tradicionales –dado que el extracto 1:5 fue el más usado, hasta la generalización del de saturación, tanto en nuestro país (Reichart, et al., 1945) como en el extranjero (Wright, 1939; Obrejanu, 1964)– y prácticas, –puesto que permite la obtención de suficiente volumen de solución aún con pequeñas muestras de tierra provenientes de ensayos en macetas– hemos fijado en 5 el valor de dicha proporción, y denominado como **"quíntuple extracto de saturación"** (5es) a la solución separada resultante.

2. Aunque con un cierto rango de variación en los valores particulares, existiría una relación general entre el porcentaje de saturación y la humedad de la muestra seca al aire, ya que la textura y la calidad de los coloides son factores comunes en la determinación de ambos contenidos hídricos. Sobre la base de determinaciones previas se adoptó como valor promedio para dicha relación el de 10:1. Esto significa que el 5es, tal como se lo define en "1", donde se computa únicamente el agua agregada, sin considerar la existente como humedad en equilibrio con el aire, sólo sería 4,5 veces (5 . 0,9) más diluído que el extracto de saturación.

Es de hacer notar que aún en casos individuales donde la relación humedad de saturación: humedad de

suelo seca al aire se desviara en un ± 50% de la adoptada, el factor de corrección sólo variaría en un 5,55%.

3. Podría tomarse en cuenta el efecto de la fuerza iónica sobre la conductividad eléctrica equivalente de los iones disueltos, introduciendo factores de corrección para amplios rangos de conductividad, los que se especifican en el punto siguiente.

Para establecer dichos factores se tomaron los datos de conductividad electrolítica correspondientes a concentraciones crecientes de NaCl, Na_2SO_4 y $MgSO_4$ (Washburn, 1929) y se establecieron, para cada una de estas sales, las relaciones:

$$\frac{CE\ 50\ mmol_c\ L^{-1}}{(CE\ 10\ mmol_c\ L^{-1})\ .\ 5}\ ;$$

$$\frac{CE\ 100\ mmol_c\ L^{-1}}{CE\ 20\ mmol_c\ L^{-1})\ .\ 5}\ \text{y}$$

$$\frac{CE\ 500\ mmol_c\ L^{-1}}{(CE\ 100\ mmol_c\ L^{-1})\ .\ 5}$$

Los valores resultantes fueron promediados ponderadamente, de acuerdo a la mayor proporción general de las sales sódicas sobre las magnésicas, y redondeadas a 0,05 de unidad.*

4. De acuerdo con las consideraciones "2" y "3", la extrapolación de valores de la CE de un quíntuple extracto de saturación a los correspondientes al extracto de saturación de ese mismo suelo, estaría afectada por los siguientes factores:

i) Para $CE_{5es} < 9\ dSm^{-1}$:

$CE_{es} = CE_{5es}\ .\ 5\ .\ 0{,}9\ .\ 0{,}9 = CE_{5es}\ .\ 4{,}05$

ii) Para CE_{5es} 9,1 – 11 dSm^{-1}:

$CE_{es} = CE_{5es}\ .\ 5\ .\ 0{,}9\ .\ 0{,}85 = CE_{5es}\ .\ 3{,}825$

iii) Para $CE_{5es} > 11\ dSm^{-1}$:

$CE_{es} = CE_{5es}\ .\ 5\ .\ 0{,}9\ .\ 0{,}8 = CE_{5es}\ .\ 3{,}60$

Nota: Todos los valores de CE en este trabajo, están referidos a una temperatura de 25°C.

5. En la CE_{5es} consideramos dos fracciones aditivas: la debida al conjunto de sales muy solubles (CE_{ss5es}) y la correspondiente al yeso disuelto (CE_{y5es}). La extrapolación de la CE_{y5es} a la que le correspondería en la CE_{es} reconoce como límite el valor de la solución de yeso saturada: 2,205 dSm^{-1}.

Para el cálculo de la CE_{ss5es} se utilizan ecuaciones de regresión basadas en datos experimentales obtenidos con soluciones de concentración creciente de sales puras y mixtas, todas ellas saturadas con yeso (Nijensohn y Pacheco, inédito), las que se aplican a las conductividades determinadas en el 5es después de haberlo saturado con yeso (CE_{5esy}). A su vez, la conductividad correspondiente al yeso en el 5es se obtiene por diferencia:

$$CE_{y5es} = CE_{5es} - CE_{ss5es}$$

6. Aún reconociendo otras probables fuentes de error, de distinto signo, y la posible variabilidad de los factores adoptados, se estimó de interés la formulación de un método sobre la base de las hipótesis enunciadas y la comprobación experimental de su validez.

PROCEDIMIENTO PROPUESTO

Luego de numerosos ensayos exploratorios, se adoptó la siguiente secuencia operacional:

1. Obtención del Quíntuple Extracto de Saturación:

Se prepara una pasta saturada a partir de tierra fina seca al aire (TFSA), siguiendo los criterios generales indicados (USSL Staff, 1954). No es necesario pesar la TFSA, pero sí **debe controlarse exactamente la cantidad de agua agregada**.

Una vez alcanzada la saturación, se agrega un nuevo volumen de agua equivalente a **cuatro veces el empleado anteriormente** para lograr la pasta saturada. Se revuelve intermitentemente durante 20–45 minutos la suspensión, para lograr la disolución de las sales. Se separa la mayor parte de la fase líquida por filtración simple a través de papel de poro mediano o, si los coloides están floculados, o si la muestra es pobre en arcilla, por simple decantación, previo pasaje a una probeta. Puede tolerarse una ligera turbidez en la solución separada.

Se fracciona la solución en 2 partes: en una de ellas se determina directamente la conductividad eléctrica (CE_{5es}) mientras que en la otra se lo hace recién después de saturada con un pequeño exceso de $CaSO_4$ $2H_2O$ p.a. (CE_{5esy}).

* El autor gustosamente suministrará al que lo solicite mayores detalles de éste y cualquier otro aspecto del presente trabajo que por razones de espacio se omiten al no ser esenciales para su comprensión y aplicación.

2. Cálculos:

i) De acuerdo con el valor obtenido de la CE_{5esy} se calcula la CE de las sales solubles (CE_{ss5es}) con la ecuación de regresión que corresponda según la **Tabla 1**.

ii) Se extrapola la CE_{ss5es} a la que tendría en el extracto de saturación (CE_{sses}) multiplicándola por el factor 4,05, si es menor de 9 dSm^{-1}; por 3,825 si está entre 9 y 11 dSm^{-1}; y por 3,6 si es mayor de 11 dSm^{-1}.

iii) Se calcula la CE debida al yeso disuelto en el extracto quíntuple (CE_{y5es}) restando de la CE_{5es} el valor CE_{ss5es}.

iv) Se extrapola al extracto de saturación la CE del yeso en el extracto quíntuple multiplicando su valor por 4,05.

v) La CE estimada del extracto de saturación (CE_{es}) corresponde a la suma de las CE extrapoladas para las sales solubles (en ii) y yeso (en iv).

Observación: Los valores obtenidos en iii) y iv) reconocen como límites mínimos y máximos computables 0 y 2,205 dSm^{-1}, respectivamente.

TABLA 1: Conductividad Eléctrica atribuíble a las Sales Solubles 1/ presentes en una solución saturada con $CaSO_4 . 2H_2O$ 2/.

Solución saturada con yeso: CE observada (x)	CE atribuíble a las sales solubles presentes (y)
dSm^{-1}, 25° C	
2,205 – 2,700	y = 1,1668 x – 2,573
2.700 – 4,200	y = 1,0469 x – 2,190
4,200 – 5,100	y = 1,2209 x – 2,927
5,100 – 5,900	y = 1,2703 x – 3,178
5.900 – 7,000	y = 0,93744 x – 1,211
7,000 – 9,500	y = 1,12013 x – 2,483
9,500 – 14,500	y = 1,1253 x – 2,537
14,500 –	y = 0,9402 x + 0,591

1/ Contribuciones aproximadamente iguales de NaCl y Na_2SO_4 a la CE de la solución mixta.
2/ Regresiones calculadas con los datos de Nijensohn y Pacheco (inédito).

Ejemplo:

A los fines de ilustrar el desarrollo de los cálculos se transcribe el siguiente ejemplo:

Origen de la muestra: Colonia Simbolar – Santiago del Estero.

Datos obtenidos: CE_{5es}: 2,23 dSm^{-1}; CE_{5esy}: 3,60 dSm^{-1}.

Cálculos:

i) CE_{ss5es}: 1,0469 . 3,6 dSm^{-1} – 2,190 dSm^{-1} = 1,579 dSm^{-1}

ii) CE_{sses}: 1,579 dSm^{-1} . 4,05 = 6,395 dSm^{-1}

iii) CE_{y5es}: 2,23 dSm^{-1} – 1,579 dSm^{-1} = = 0,651 dSm^{-1}

iv) CE_{yes}: 0,651 dSm^{-1} . 4,05 = = límite: 2,205 dSm^{-1}

v) CE_{es}: 6,395 dSm^{-1} + 2,205 dSm^{-1} = = 8,60 dSm^{-1}

En este caso, la CE_{es} observada por determinación directa fue de 8,48 dSm^{-1}. El error cometido,

$$\frac{CE_{es}\ obs. - DE_{es} \ .\ 100}{CE_{es}\ obs.} = 1,415\ \%$$

MATERIALES Y METODOS

Para comprobar la validez del procedimiento propuesto se lo aplicó a 24 muestras de suelos minerales de zonas de riego que cubren una amplia gama de salinidad, sodicidad y de presencia o no de yeso de reserva. En las mismas muestras, y a los propósitos de comparar los resultados y calcular los errores respectivos, se determinaron las CE_{es} por el método directo.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la **Tabla 2** se consignan los valores obtenidos en la determinación directa de las CE_{es} y de las calculadas con el método propuesto.

Como puede observarse a través de los errores porcentuales consignados, la concordancia entre las CE_{es} y las CE_{es} calculadas a través de las CE_{5es} es satisfactoria, dado que en ningún caso las diferencias cambian significativamente la calificación de peligrosidad salina de las muestras autorizadas. Aunque las diferencias son de distinto signo, se manifiesta una tendencia a errores positivos (58% de los casos), los que en ningún caso sobrepasan el 10%.

El error promedio a cometer es de 4,47 ± 2,72%, lo que revela un grado de razonable exactitud para los objetivos perseguidos.

TABLA 2: Conductividades Eléctricas de Extractos de Saturación determinadas directamente (CE_{es}) y calculadas por el método propuesto ($\widehat{CE}_{es}$).

Nº	Origen	CE_{es}	$\widehat{CE}_{es}$	$\frac{CE_{es} - \widehat{CE}_{es}}{CE_{es}} \cdot 100$
		dSm^{-1} 25ºC		
1	Mendoza–Dpto. San Martín 3 Porteñas–Capa arenosa	0,500	0,486	– 2,80
2	Idem. Capa arcillosa	0,720	0,770	+ 6,94
3	Mendoza–Dpto. Rivadavía El Mirador	2,440	2,385	– 2,25
4	Mendoza–Dpto. San Martín Puchará	2,546	2,390	– 6,13
5	Santiago del Estero Simbolar	3,750	3,938	+ 5,01
6	Mendoza–Dpto. Maipú Coquimbito	3,890	4,091	+ 5,17
7	Mendoza–Dpto. Luján Ugarteche	4,180	4,010	– 4,07
8	Mendoza–Dpto. Luján Fac. Ciencias Agrarias	4,180	4,415	+ 5,62
9	Mendoza–Dpto. Luján Ugarteche	5,270	4,826	– 8,42
10	Mendoza–Dpto. Lavalle El Sauce	6,430	6,097	– 5,18
11	Mendoza–Dpto. Malargüe Cañada Colorada	6,720	6,812	+ 1,37
12	Mendoza–Dpto. Luján Ugarteche	7,582	7,200	– 5,03
13	Santiago del Estero Simbolar – Limoso	8,480	8,600	+ 1,41
14	Río Negro–Valle Inferior IDEVI III Etapa	9,810	9,477	– 3,39
15	Mendoza–Dpto. Luján Ugarteche	10,070	10,846	+ 7,70
16	Idem	10,340	10,396	+ 0,54
17	Río Negro–Valle Inferior IDEVI III Etapa	10,610	10,811	+ 1,89
18	Mendoza–Dpto. Luján Ugarteche	17,030	16,565	– 2,73
19	Santiago del Estero Colonia – Simbolar	23,256	25,234	+ 8,50
20	Idem	35,714	37,548	+ 5,13
21	Río Negro–Valle Inferior IDEVI III Etapa	42,017	44,481	+ 5,86
22	Mendoza–Dpto. Guaymallén El Sauce	43,478	47,973	+ 10,34
23	Mendoza–Dpto. Malargüe Fallas en papal	47,619	48,243	+ 1,31
24	Santiago del Estero Colonia – Simbolar	66,617	66,346	– 0,41

La ecuación de regresión calculada para los 24 casos analizados reza:

$$CE_{es} = CE_{es} \cdot 0{,}9646 + 0{,}119 \text{ con un } r^2 = 0{,}9972$$

Como otros aspectos de interés potencial del método propuesto puede señalarse: i) que de la comparación de los valores correspondientes a CE_{5es} y CE_{5esy} se podría tener una idea semicuantitativa de la posible reserva de yeso, dato de importancia en los casos de suelos salino–sódicos, y ii) que el volumen considerable de extracto obtenido permitiría la determinación de la CE a través del método cronotermométrico (Nijensohn, 1959), el que está al alcance de un laboratorio elemental, carente de instrumental específico de conductimetría.

CONCLUSIONES

El nuevo método propuesto permite calcular la CE_{es} de una muestra de suelo mineral con razonable exactitud, sin requerir para su ejecución de filtración bajo vacío o presión.

Sus características le otorgan, además, potenciales ventajas adicionales: la posibilidad de inferir reservas de yeso en suelos salino–sódicos, la de simplificar el instrumental requerido para la determinación de los valores de conductividad y la posibilidad de usar pequeñas cantidades de muestra procedentes de ensayos en macetas.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al Prof. en C. Nat. Carlos B. Villafuerte, profesional de apoyo del CONICET, su colaboración analítica, y el Ing. Agr. Raúl S. Lavado la provisión de separatas de varios de los trabajos citados.

REFERENCIAS

Abrisqueta, C.; M. Romero y A. Lax, 1962. Relación entre las concentraciones iónicas y la conductividad de los extractos salinos de los suelos de Murcia. Anales Edaf. y Agrobiol. **XXI**: 539-544.

Agricultural Research Service, 1962. Soil salinity and irrigation in the Soviet Union. Report of a technical study group. C.A. Bower, Chairman. USDA, Washington, D.C.

Cárpena, O.; M.G. Guillen; F.G. Fernández y M. Caro. 1970. Saline soil classification using the 5:1 aqueous extract. 9th Inter. Cong. Soil Sci. Trans., **I**, Paper 50: 483-490.

Lavado, R.S. 1976/77. La suspensión 1:0,5 para la determinación de salinidad, pH y P.S.I. en suelos arenosos. Rev. Inv. Agrop. INTA, Serie 3, **XIII**: 1-6.

Loveday, J.: H.J Beatty y J.M. Norris. 1972. Comparison of current chemical methods for evaluating irrigation soils. CSIRO Austr. Div. Soils. Tech. Paper Nº 14.

Maas, E.V. y G.J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance–current assesment. J. Irrig. Drain. Div. ASCE **103**: 115-134.

Nijensohn, L. 1959. A new method for the determination of the electrical conductivity of soils extracts and irrigation and drainage waters. Trans. Vth. Intern. Cong. Agric. Eng.: 560-565, Brussels.

Nijensohn, L. 1961. A method for the determination of the cation exchange values in saline–calcareous–gypseous soils. Trans. VIIth. Intern. Cong. Soil Sci. **II**: 36-44, ed. I.S.S.S., Amsterdam.

Obrejanu, Gr. 1964. Metode de cercetare a solului. Editura Academier Republica Populare Romine. Bucuresti.

Reichart, M.; N. Antognoli y U. García. 1945. Recuperación y mejoramiento de suelos salinos y alcalinos en la Estación Experimental de la Banda y su zona de influencia. Dirección de Algodón, Boletín Mensual Nº 121-122; 187-222, Buenos Aires.

Rhoades, J.D. 1984. Principles and methods of monitoring soil salinity, in Soil salinity under irrigation, edits. I. Shainberg y J. Shalevet. Chap. 5: 130-142. Ecological Studies 5 i. Spinger–Verlaq.

Singhla, S.K.; G.P. Bhargava e I.C. Gupta. 1974. Relationships between certain diagnostic indices of salt affected soil of Indo Indo–Gangetic alluvial region. Annals Arid Zone, **13**: 218–223. Johdpur, India.

Tucker, B.M. y H.J. Beatty. 1974. pH. Conductivity and Chorides. in Methods for analysis of irrigated soils. Tech. Communication Nº 54. Commonwealth Bureau of Soil. pp. 100-101, edit. J. Loveday. Commonwealth Agricultural Bureaux.

United States Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of saline and alkali soils. L.A. Richards, editors. Agricultura Handbook 60. USDA. Washington, D.C.

Washburn, E.W. edit. 1929. International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry and Technology. **VI**. National Research Council U.S.A. McGraw–Hill Book Co. Inc. New York, London.

Wright, H. 1939. Soil analysis: a handbook of physical and chemical methods. Thomas Murby & Co., London.