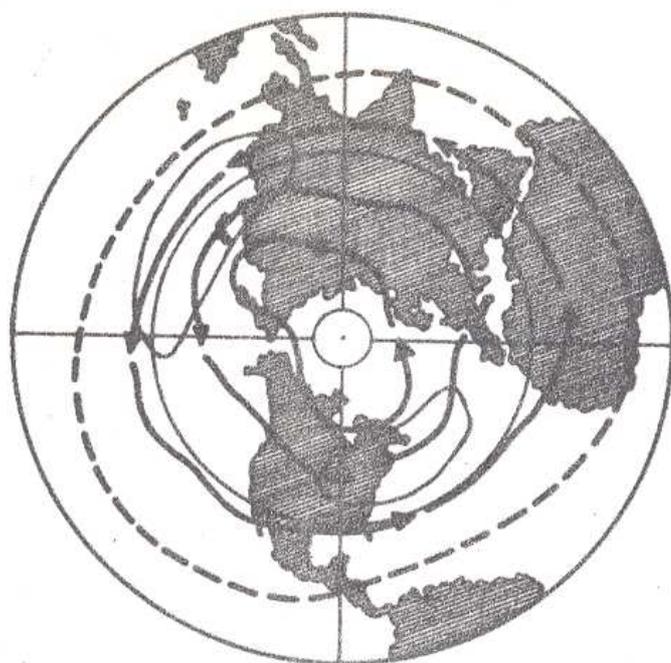


DIVULGACION



CIENTIFICA

EFFECTOS DE LOS BICARBONATOS CONTENIDOS EN EL AGUA DE RIEGO SOBRE EL SUELO

Por: Luis Fuentes Aguilar.

La acción de los bicarbonatos en el agua de riego sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos, es conocida desde hace varios años pero no se le ha dado toda la importancia que requiere. Esto es debido a que las propiedades de los suelos se deben, principalmente, a los cationes solubles e intercambiables que se acumulan en ellos. Por otra parte, en la mayoría de las zonas afectadas por excesivas acumulaciones de sales por el agua de riego, las determinaciones que se efectúan, normalmente, son de cloruros y sulfatos.

Hilgard * llamó a los suelos sódicos no salinos y que acusaban la presencia de carbonatos, suelos de álcali negro. Estos suelos se encuentran con mucha frecuencia en regiones áridas y semiáridas cubriendo pequeñas zonas irregulares conocidas como manchas de álcali impermeables.

Siempre que en los suelos o agua de riego no se encuentre yeso, el drenaje y lavado de los suelos sódicos salinos conduce a la formación de suelos sódicos no salinos.

En los suelos altamente sódicos, la materia orgánica dispersa y disuelta puede depositarse en la superficie por efecto de capilaridad favorecida por la evaporación, causando así un ennegrecimiento y dando origen al término álcali negro.

Estos suelos adquieren con el tiempo características morfológicas peculiares. Por la gran dispersión de la arcilla parcialmente saturada con sodio, ésta puede ser transportada hacia capas más profundas, acumularse en los niveles inferiores y dar por resultado que a unos cuantos centímetros de la superficie, estos suelos presentan una textura relativamente gruesa y quebradiza.

La solución del suelo en este tipo de suelos, aunque relativamente baja en sales solubles, tiene una composición que difiere considerablemente de la de los suelos normales y de los salinos, mientras que los aniones presentes consisten en su mayor parte en cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos.

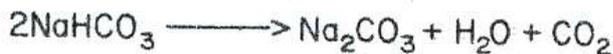
* MANUAL DE AGRICULTURA. No. 60. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, 1954.

Los efectos tóxicos en las plantas se atribuyen a la formación del carbonato de sodio por la interacción de sales de sodio en el agua y el carbonato de calcio en el suelo, de acuerdo con las reacciones siguientes:



La formación del carbonato de sodio se explica, según Kelley*, en la forma siguiente:

1. Por interacción de silicatos y agua conteniendo anhídrido carbónico disuelto en procesos de intemperización formándose bicarbonatos de calcio, magnesio, sodio y potasio. Posteriormente, por evaporación y concentración de la solución se precipitan los carbonatos de calcio y magnesio y el carbonato ácido de sodio pierde anhídrido carbónico para transformarse en carbonato de sodio.



2. Por la interacción de sales de sodio contenidas en el agua de riego y el carbonato de calcio del suelo.

3. Por intercambio de iones adsorbidos de sodio por iones hidrógeno o calcio presentes en el agua.



4. Por reducción del sulfato de sodio a sulfuro de sodio.

5. Por descomposición de materia orgánica con sodio presente.

Por otra parte, Langalier desarrolló en 1936 un índice de saturación para el carbonato de calcio en el agua que fluye a través de tuberías que permite predecir la tendencia a disolver o a precipitar de dicho carbonato. El índice de saturación está definido como:

$$\text{índice de saturación} = \text{pH}_a - \text{pH}_c$$

pH_a , es el pH actual del agua

pH_c , es el pH que el agua tendría en equilibrio con el carbonato de calcio,

* Kelley, W.P. SODIUM CARBONATE AND ADSORBED SODIUM IN SEMIARID SOILS. Soil Science 94, 1962.

y puede ser calculado por medio de la siguiente ecuación:

$$pHc = -\log K_2 + \log Kps - \log(HCO_3^-) - \log(Ca^{++})$$

K_2 , es la constante de disociación del ácido carbónico

Kps , es el producto de solubilidad del carbonato de calcio

Los paréntesis nos indican concentraciones molares de los iones carbonato ácido y calcio.

Si el índice de saturación es positivo, significa que el agua está saturada con carbonato y entonces el carbonato de calcio tenderá a precipitarse, siendo esta tendencia mayor cuanto mayor es el valor positivo del índice. Si el índice es negativo, el agua es capaz de disolver mayor cantidad de carbonato de calcio.

Schoeller* en su trabajo sobre la interpretación de análisis químicos de aguas salinas, indica que los productos de solubilidad son imprescindibles para entender las causas de la evolución en la composición química de las aguas superficiales y freáticas, especialmente en el caso del carbonato de calcio.

Esto se debe a que, en la mayor parte de los casos, la saturación del agua con carbonato de calcio es una función del producto de solubilidad y de la presión del anhídrido carbónico en la atmósfera en contacto con el agua.

Schoeller propone el empleo de valores de pH para estudiar el grado de saturación del agua con carbonato de calcio, pero en sistemas abiertos.

Los bicarbonatos en solución no eran considerados independientemente para evaluar la calidad de las aguas de riego.

Según Eaton**, el uso de aguas con iones de calcio y magnesio en mayor proporción que carbonatos y bicarbonatos con bajo porcentaje de sodio, en condiciones de lavado deficiente, conduce al desarrollo de suelos salinos con predominio de calcio. El empleo de aguas con alto porcentaje de sodio, pero con un contenido de calcio y magnesio mayor que carbonatos y bicarbonatos y con drenaje deficiente conduce al desarrollo de suelos salinos sódicos; y el uso, bajo condiciones de drenaje muy deficiente, de aguas que contengan más carbonatos y bicarbonatos que calcio y magnesio, conduce al desarrollo de suelos alcalinos, salinos o no.

Eaton llama al exceso de carbonatos y bicarbonatos sobre calcio y magnesio, carbonato de sodio residual. Al mismo tiempo sugiere el uso de los índices siguientes:

*Schoeller, H. L'INTERPRETATION DES ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX SALEES, UNESCO, Arid Zone Symposium, Teheran, 1961.

**Eaton, F.M. SIGNIFICANCE OF CARBONATES IN IRRIGATION WATERS, Soil Science 69, 1950.

$$\% \text{ de sodio posible} = \frac{\text{Na}}{\text{Na} + \text{Ca} + \text{Mg} - \text{HCO}_3} \cdot 100$$

$$\% \text{ actual de sodio} = \frac{\text{Na}}{\text{Na} + \text{Ca} + \text{Mg}} \cdot 100$$

Estos índices permiten calcular la posibilidad de acumulación de sodio en los suelos.

La conductividad eléctrica, la reacción del suelo (pH) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI), son los datos principales para la caracterización de un suelo salino, sódico, o sódico salino:

	Normal	Salino	Sódico salino	Sódico no salino
pH	< 8.5	< 8.5	< 8.5	> 8.5
conductividad	< 4	> 4	> 4	≤ 4
PSI	< 15	< 15	> 15	> 15

Suelos salinos. El término salino se aplica a suelos cuya conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/cm a 25°C, con un porcentaje de sodio intercambiable menor de 15 y con un pH menor de 8.5

Estos suelos corresponden al término llamado álcali blanco. En este tipo de suelos, el establecimiento de un drenaje adecuado, permite eliminar por lavado las sales solubles, volviendo normales a estos suelos.

Casi siempre se reconocen los suelos salinos por la presencia de costras blancas de sal en la superficie.

Las características químicas de los suelos salinos quedan determinadas principalmente por el tipo y cantidad de sales presentes. La cantidad de sales solubles controla la presión osmótica de la solución del suelo. El sodio rara vez representa más de la mitad del total de los cationes solubles y por lo tanto, no es adsorbido en forma importante.

Suelos sódicos salinos. Llámense así a aquellos suelos cuya conductividad del extracto de saturación es mayor a 4 mmhos/cm a 25°C y el porcentaje de sodio intercambiable es mayor de 15.

Este tipo de suelos se forman como resultado de los procesos combinados de salinización y acumulación de sodio.

Siempre que contengan un exceso de sales, su apariencia y propiedades son similares a las de los suelos salinos. Cuando hay exceso de sales el pH rara vez

es mayor de 8.5 y las partículas permanecen floculadas. Si el exceso de sales solubles es lavado, las propiedades de estos suelos pueden cambiar notablemente, llegando a ser idénticas a las de los suelos sódicos no salinos.

A medida que la concentración de sales disminuye en la solución, parte del sodio-intercambiable se hidroliza para formar hidróxido de sodio, que a su vez, puede convertirse en carbonato de sodio.

Aun cuando el retorno de las sales solubles puede hacer que baje el pH y restaure las partículas a una condición floculada, el manejo de los suelos sódicos salinos sigue siendo un problema hasta que se elimina el exceso de sales y de sodio intercambiable de la zona radicular de las plantas y se restablecen las condiciones físicas del suelo.

Suelos sódicos no salinos. Estos suelos se caracterizan por tener un porcentaje de sodio intercambiable mayor de 15 y la conductividad del extracto de saturación es menor de 4 mmhos/cm a 25°C. El pH generalmente varía entre 8.5 y 10.

Cuando se lavan suelos sódicos salinos, exentos de yeso, se forman suelos sódicos no salinos, ya que la eliminación del exceso de sales en este tipo de suelos tiende a aumentar el grado de hidrólisis del sodio intercambiable, lo cual, frecuentemente, eleva el valor del pH.

Una concentración alta de sales en la solución del suelo reduce la proporción de absorción de agua por las plantas y, en consecuencia, se retarda el crecimiento de éstas. Este retraso casi siempre se relaciona con la concentración total de sales en la solución del suelo y en parte, es independiente de la clase de sales presente.

Se considera que las aguas que contienen más de 2.5 miliequivalentes por litro de carbonato de sodio residual no son apropiadas para el riego sin el empleo de enmendantes. Usando estas aguas se determinó por: Wilcox, Blair y Bower*, que los suelos acumularon más sodio intercambiable que el establecido por la relación de adsorción del sodio.

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

* Wilcox, L.V., Blair, G.V., y Bower, C.A. EFFECT OF BICARBONATE ON SUITABILITY OF WATER FOR IRRIGATION. Soil Science 77, 1954.

Los suelos regados con aguas con alto contenido de bicarbonatos, pero sin carbonato de sodio residual, también acumulan más sodio intercambiable que el establecido por la relación de adsorción del sodio, por lo que los valores de la relación de adsorción del sodio calculados sobre la base de la concentración original en aguas de riego con alto contenido de bicarbonatos no es útil para predecir la acumulación de sodio intercambiable en el suelo y, por esta razón, se propone calcular la relación de adsorción de sodio después de sustraer el calcio que precipitará como carbonato de calcio.

Bower y Maasland* proponen la siguiente relación para determinar el porcentaje de saturación con sodio en función de la relación de adsorción del sodio:

$$\% \text{ de saturación con sodio} = 2RAS + 2RAS(8.4 - pH_c)$$

donde (8.4 - pH_c) es una modificación del índice de saturación de Langelier, en la cual el pH del agua (pH_a) ha sido substituido por 8.4, el cual es el pH aproximado de un suelo no sódico en equilibrio con carbonato de calcio.

Doneen** propuso el uso de la salinidad efectiva del agua de riego en lugar de la determinación de la conductividad eléctrica para predecir las posibilidades de salinización de los suelos, especialmente en zonas con lluvias escasas y suelos con posibilidades reducidas de lavado.

La salinidad efectiva excluye las sales poco solubles, como carbonato de calcio y magnesio y sulfatos de calcio, las cuales son consideradas inefectivas para la salinización potencial del suelo. Las restantes sales solubles: $Cl + [(HCO_3 + SO_4) - (Ca + Mg)]$, son consideradas como la salinidad efectiva del agua de riego.

Todos los sistemas de clasificación de aguas de riego que toman en cuenta los bicarbonatos, tienden a predecir los cambios en las propiedades físicas y químicas de los suelos a los cuales éstas van a ser aplicadas. En la mayor parte de los casos esos efectos son atribuidos a cambios en la concentración y composición del agua original por pérdidas debidas a la evapotranspiración.

Cuando el agua de riego contiene más carbonatos y bicarbonatos que calcio y magnesio, la evapotranspiración influye en la precipitación de carbonatos de calcio y magnesio y el resto de los carbonatos quedan asociados con el sodio.

A medida que la concentración del carbonato de sodio aumenta, el pH también aumenta y el intercambio de calcio y magnesio por sodio conduce a la progresiva destrucción de los agregados, dispersión de partículas e impermeabilización.

* Bower, C.A. y Maasland, M. SODIUM HAZARD OF PUNJAB GROUND WATERS. Symposium on Water Logging and Salinity in West Pakistan, 1963.

** Doneen, L. D. EVALUATING THE QUALITY OF IRRIGATION WATERS IN VENTURA COUNTRY. State Department of Water Resources, Bul 75, U.S.A., 1959.

Determinación de carbonatos y bicarbonatos:

Reactivos:

A. Solución de fenoftaleína al 0.25 % en alcohol al 50 %.

B. Acido sulfúrico 0.05 N.

C. Anaranjado de metilo al 0.1 % en agua.

Procedimiento:

Tómese una alicuota de muestra que no contenga más de un miliequivalente de carbonatos más bicarbonatos y dilúyase a 50 mililitros si es menor que dicho volumen.

Agréguense unas cuantas gotas de fenoftaleína como indicador y si se produce un color rosa titúlese con la solución de ácido sulfúrico, agregando una gota cada dos o tres segundos, hasta que desaparezca ese color.

A esta solución sin color o a la original si no se coloreó, se le agregan dos o tres gotas de la solución de anaranjado de metilo y se continúa la titulación sin llenar de nuevo la bureta, hasta llegar al punto de vire del anaranjado de metilo y se anota la lectura total.

Calculos:

TITULACION	HIDROXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS
$P = 0$	—	—	T
$P < \frac{1}{2} T$	—	$2P$	$T - 2P$
$P = \frac{1}{2} T$	—	$2P$	—
$P > \frac{1}{2} T$	$2P - T$	$2(T - P)$	—
$P = T$	T	—	—

P = Titulación al punto de vire con fenoftaleína.

T = Titulación total al punto de vire del anaranjado de metilo

$$\text{meq de OH}^- \text{, CO}_3^- \text{ o HCO}_3^- / \text{l} = \frac{N(\text{valor de la titulación en ml - Testigo})}{\text{ml de alicuota}} \cdot 100$$

N = normalidad del ácido sulfúrico.