

EL AGUA SALINA Y LOS METODOS DE RIEGO

FABIO BUSTAMANTE BETANCUR*

INTRODUCCION

El objetivo principal del riego es el de abastecer el suelo con agua para que ella sea fácilmente disponible a los cultivos que en él se desarrollan o crecen. Bajo condiciones normales el método de riego que mejor se adapta, depende del cultivo, la topografía, las características del suelo y la disponibilidad del agua.

La selección del método más adecuado de riego está notoriamente influenciado por las condiciones de salinidad que pueda haber en el suelo o en el agua que se usará para el riego. En este escrito, se tratará de analizar a partir de investigaciones disponibles la utilidad de un determinado método de riego, cuando la calidad del agua está deteriorada por ciertas concentraciones de sales solubles.

1. EL AGUA SALINA Y EL METODO DE RIEGO

La literatura, reporta una gran cantidad de trabajos que se han hecho, tratando de establecer condiciones de desarrollo de los cultivos bajo un cierto estado de salinidad, en la zona del suelo en donde se encuentra la mayor actividad radicular de las plantas y también sobre la aptitud de las aguas disponibles para ser usadas en el riego. Aunque el número de variables que tienen influencia en las condiciones prácticas posibles, no son suficientes para proporcionar una clasificación segura de la calidad del agua para riego, si se puede lograr una muy buena aproximación a las condiciones reales promedio que tienen que ver con la relación agua-suelo-planta.

Las condiciones de salinidad y sodicidad presentes en el suelo, están influenciadas por la concentración local de sales; la aplicación del riego, es una de las causas de la migración de sales y puede influenciar notoriamente el efecto salino del agua que con una determinada calidad sea aplicada.

* Ingeniero Agrónomo, M.S. Profesor Asociado Sección Riegos y Drenajes, Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, Seccional Medellín.

De otra manera, el daño que las sales presentes en el agua de riego causa a las plantas, pueden tener un efecto diferente y aditivo cuando se utiliza el método de riego por aspersión, en este caso los residuos solubles pueden acumularse sobre el follaje y causar daño a la planta por absorción foliar de algunos iones presentes en el agua, o por el desarrollo de una presión osmótica alta cuando algunos de estos residuos se disuelven en el agua de rocío la cual queda contaminada.

Una comparación de los métodos de riego con respecto a la calidad del agua debe estar acompañada tanto del análisis del efecto de las sales, en y con el suelo, como de la influencia aditiva de la aspersión en la parte aérea de las plantas.

2. LOS METODOS DE RIEGO Y EL CONTROL DE LAS SALES

No se discutirán en este trabajo las características específicas para definir la calidad del agua con respecto a los suelos y/o los cultivos, pero a continuación se harán notar en forma breve, algunas ideas generales acerca de los métodos adecuados para definir las prácticas de manejo bajo condiciones salinas.

Los métodos de inundación en terrenos previa y cuidadosamente bien nivelados y con un buen control de la aplicación del agua pueden alcanzar una buena uniformidad de aplicación y suficiente movimiento vertical del agua a través del suelo, para favorecer el control de las sales.

Los métodos de melgas o platabandas favorecen una mayor penetración del agua cerca de la cabecera de ellos, que al final y hay una tendencia a una penetración insuficiente del agua en el perfil del suelo en las dos terceras partes finales de la longitud total de la melga y es por ello, que en esta zona es donde se va a presentar una mayor acumulación de sales en el perfil.

En el método de surcos sólo una parte de la superficie se cubre con agua, por lo tanto el movimiento del agua dentro del suelo es hacia abajo, hacia los lados del surco y hacia arriba en la faja entre surcos. En la misma forma que hay un lavado aceptable de sales en la base del surco se produce una acumulación de ellas en la faja, entre surcos. Si frecuentemente se ara el suelo, esta labor sirve para mezclar el suelo de las fajas donde se acumuló la sal, con el suelo lavado, haciendo que la concentración salina para la próxima cosecha sea menos perjudicial. De todas maneras es aconsejable en estos suelos cambiar el riego con alguna frecuencia, a un método de inundación como un medio para controlar la salinidad. Figura 1 (B).

El método de aspersión permite un control más preciso de la lámina de agua a aplicar y cuando está debidamente diseñado y operado presenta una distribución uniforme de ella en el perfil del suelo, esta característica permite que se pueda aplicar la cantidad de agua necesaria para mantener un balance adecuado de sales en el perfil para determinado cultivo. Figura 1 (A).

El método de goteo tiene la ventaja de que, el frente de humedad que se presenta hacia la periferia del bulbo húmedo que se forma en el suelo a partir del sitio de goteo, arrastra las sales y las aleja del lugar de actividad de las raíces el cual debe coincidir con el bulbo húmedo. De todas maneras entre las hileras de plantas y a lo largo de ellas, dentro del suelo, se forma una franja de sal acumulada, la cual debe ser lavada

periódicamente para lo cual es aconsejable el sistema de aspersión, Figura 1 (C).

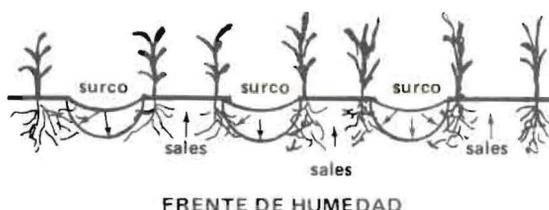
En lugares donde las condiciones permiten la utilización de método de riego subterráneo, o subirrigación y el agua tiene problemas de sales, no es aconsejable practicar el método.

FIGURA 1. Movimiento del Frente de Humedad en relación con el método de riego.



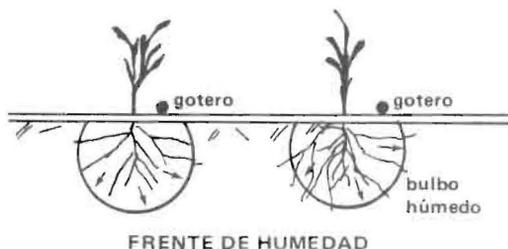
1.A RIEGO POR ASPERSION

Frente de humedad
Arrastre de sales fuera de la zona de raíces.



1.B RIEGO POR SURCOS

Arrastre de sales hacia la zona de raíces.



1.C RIEGO POR GOTEO

Arrastre de sales fuera del bulbo húmedo o zona de raíces.

3. RIEGO POR ASPERSION Y ABSORCION FOLIAR DE SALES

El riego por aspersión se ha venido utilizando por más de tres cuartos de siglo, pero los trabajos que se han hecho para analizar el efecto de las sales disueltas en el agua de riego, en las hojas, no han sido tan numerosos pero sí permiten obtener unas conclusiones interesantes.

Robert, B. Harding et al (7), observaron que después de estar regando cítricos con un equipo de aspersión de baja presión, las plantas presentaron una quemazón considerable en las hojas de la parte baja de los árboles con la consiguiente defoliación y muerte de los extremos de las ramas.

La Figura 2 muestra, resumidamente los resultados de sus determinaciones en las hojas de la parte alta y de la parte baja de las plantas de cítricos. Puede verse que las hojas en donde el agua permanecía humedeciéndolas, absorben Cl y Na y no hay indicativo de absorción de K, Mg, Ca o S. El total de sales solubles del agua de riego varía desde 491 hasta 991 ppm; la CE x 10⁶ a 25°C varió de 640 hasta 1.290; el porcentaje de Na varió de 69 a 190 ppm y el Cl de 36 a 131 ppm.

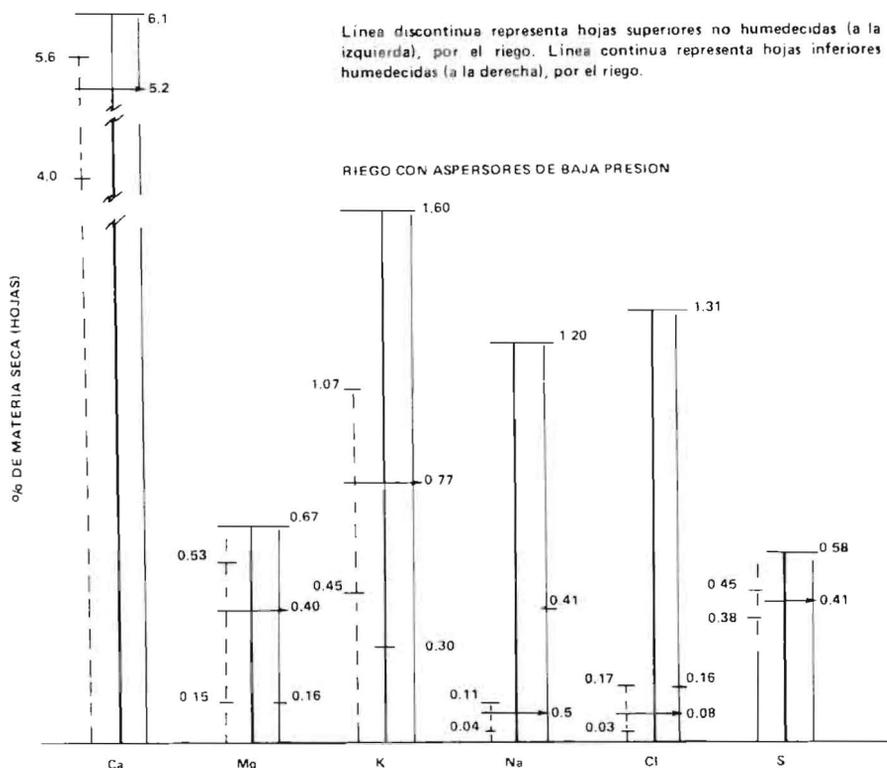


FIGURA 2. Intervalo de ocurrencia de constituyentes químicos de las hojas.

El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de campo y se comparó con un lote vecino de la misma plantación de cítricos, pero regado por surcos en el cual no observó quemazón de las hojas. Así como sólo las hojas más bajas mostraron una cantidad excesiva de Na y Cl, que de acuerdo con Chapman un 0,25% es indicativo de ello, se puede asumir con seguridad que esta alta concentración se debe a la absorción foliar desde el agua que queda en las hojas al aplicarla por aspersión. Para sustentar lo anterior se tiene la siguiente explicación:

En los días cálidos, con baja humedad el grado de evaporación es rápido. Las sales que primero se precipitan y depositan en las hojas son aquellas relativamente insolubles, como CaCO₃ y CaSO₄. El Na y el Cl pueden permanecer en solución hasta que casi toda el agua sea evaporada.

La Tabla 1 muestra los resultados de observaciones, en hojas, el agua y el suelo, de dos lotes de naranjas regados con aspersión de baja presión en donde no hubo anterior al riego ninguna quemazón de hojas, pero sí una muy considerable en todo el árbol y en cada uno de los del lote. El efecto de quemazón y defoliación se observó también en cultivos de toronja. Asimismo se observó que los daños eran más severos en el lado de barlovento de los árboles que en el lado de sotavento.

TABLA 1
EFECTO DEL RIEGO POR ASPERSIÓN DE BAJA PRESIÓN, EN LAS HOJAS, EL AGUA Y EL SUELO,
EN CULTIVOS DE CITRICOS

LOTE	CONSTITUYENTES QUIMICOS EN LAS HOJAS % POR MATERIA SECA						ANALISIS DEL AGUA ppm EN SOLUCION			EXTRACTO DE SATURACION	
	Ca	Mg	K	Na	Cl	S	TOTAL SALES SOLUBLES		EC x 10 ³	% Na	
							Na	Cl	925°C		
1	4,9	.22	.94	.07	.08	.41	332	39	18	0,44	25
2	5,2	.34	.35	.37	.42	.60	920	195	124	0,71	45

Debido a que el proceso de evaporación tiene un origen físico climático, se debe reconocer la importancia de los factores climáticos en el daño causado por el rigor por aspersión en el follaje al acelerar el proceso evaporativo del agua que en ellos queda detenida después del riego, especialmente las altas temperaturas, una baja humedad relativa, y vientos de alta velocidad. La aspersión durante las tardes frías o las horas de la noche con vientos de baja velocidad pueden ser menos dañinas porque en esta situación la evaporación ambiental es más baja, lo cual se traduce en baja evaporación foliar.

Según Gray (6), 750 ppm de sales solubles podría ser perjudicial para los cítricos y la lechuga con una humedad relativa por debajo del 20%, pero podrá ser tolerada por otros cultivos. Si la humedad es por encima del 20% y especialmente hasta un 40%, el agua salada con valores altos como 1.600 a 1.800 ppm se puede usar con éxito en los mismos cultivos. Calvert (3) considera que el peligro en riego por surcos para cítricos está aproximadamente a 2.000 ppm y en aspersión de baja presión está aproximadamente a 800 ppm.

La diferencia del efecto de la calidad del agua sobre los cultivos en la forma que se mostró, es claramente observable si se compara con el hecho de que en el Valle de San Joaquín en California se riega algodón con aguas a 3.000 ppm, con todo éxito.

Ehling y Berstein (5), llevaron a cabo un experimento regando por aspersión con agua preparada con distintos grados de salinidad y determinaron la rata de acumulación foliar de iones y el daño en las hojas en diferentes especies de árboles frutales, almendros, duraznos, albaricoque, aguacate, cítricos, ciruela y algunas hortalizas y cultivos forrajeros, como alfalfa, fríjol, repollo, trébol, lechuga, cebolla, espinaca y tomate. El experimento se llevó a cabo bajo condiciones controladas, aplicando una aspersión muy fina desde aspersores de baja presión. Las soluciones que se aplicaron contenían 2 me/lit de CaSO₄ y de 1 a 10 me/lit de CaCl₂, Na Cl o Na₂ SO₄. El medio

de anclaje de las raíces consistió en una cama de arena protegido de la contaminación salina humedecida con una solución nutritiva no salina.

Concentraciones altas de todas esas sales causaron necrosis progresiva y daños visibles en todas las especies y ello estuvo asociado con la acumulación de Na y Cl en las hojas. En los almendros y las ciruelas, el daño se presentó más pronto que en la naranja; y en el aguacate se desarrolló una pequeña quemazón en las hojas exteriores.

Los índices de toxicidad en las hojas son similares bien sea que los iones tóxicos sean absorbidos por las raíces o por el follaje, pero el grado de acumulación puede definir notablemente el daño que causó en los almendros, los albaricoques, las ciruelas, y las naranjas, la absorción foliar de una solución en la 1/5 y 1/19 de la concentración de otra solución que se aplicó en las raíces fue similar en ambos casos, en contraste con ello, la absorción foliar en el aguacate es tan insuficiente que el riego por aspersión no alcanza a hacer un daño mayor que el que se le hace con un riego diferente.

Las diferencias en las ratas de acumulación entre las especies son probables debidas al grueso y naturaleza de la cutícula. Otros factores que pueden estar influyendo en ello, son: los iones asociados con Na, afectan notoriamente la rata de su absorción foliar y de esta manera, el ión es absorbido por las hojas más lentamente desde soluciones de Na_2SO_4 que desde soluciones de Na Cl, aunque lo contrario parece tener lugar en la absorción radicular. El cloro es igualmente absorbido desde soluciones de NaCl y CaCl_2 .

Las hortalizas y los forrajes, con algo de sensibilidad específica al Cl y al Na, mostraron poco o ningún efecto dañino cuando se regaron por aspersión con agua que contenía 96 me/l de NaCl. Con estos cultivos el medio ambiente fue salino al contrario de los otros cultivos anteriores. El Cl y Na que se encontró sobre las hojas de las plantas regadas por aspersión fue ligeramente diferente del que se encontró en las hojas no regadas. No se observó ningún efecto de la edad de la planta al agua salina aplicada por aspersión.

Bajo condiciones de campo, la superficie de las hojas son sólo intermitentemente mojadas entre vuelta y vuelta de los aspersores tipo mariposa y ello viene a ser ayudado por el efecto del viento el cual arrastra las gotas de agua desde el chorro principal del aspersor. Gray (6), dice que uno de los principales factores en la quemazón de las hojas por deposición de las sales, en zonas de baja humedad es el transporte que hace el viento de las gotas finas que siguen a las normales en el proceso de aspersión. La aspersión seca rápidamente, debido a la baja humedad de las sales no son lavadas en un lapso de tiempo corto, tendrá lugar la quemazón de la hoja. Por tanto, la evaporación del agua bajo condiciones de campo puede dar como resultado una concentración alta de sales sobre las hojas lo cual tiene como consecuencia un aumento de la absorción foliar.

Eaton y Harding (4) compararon el efecto de la aspersión en el día y la noche analizando árboles de naranja variedad Valencia, sometidas a condiciones de temperatura moderada, humedad relativa más bien baja y baja velocidad del viento durante la noche. Hubo únicamente un secado parcial de las hojas entre las sucesivas aspersiones. La acumulación de Na y Cl fue mayor para la aspersión en el día que para la aspersión en la noche.

Ellos también siguieron algunos experimentos para comparar aspersión continua con

aspersión intermitente, en presencia de alta evaporación entre las aspersiones. Se observó acumulación de Na y Cl bajo condiciones de aspersión intermitente mientras que muy pequeña diferencia se notó entre las aspersiones controladas y continuas. La aspersión intermitente dejó las hojas cubiertas con sales precipitadas de baja solubilidad.

En ambos experimentos se usó agua preparada con 7,1 me/lit de Na y 3,8 me/lit de Cl. Los cationes totales fueron 15 me/lit.

Aspersión continua puede ser usada exitosamente bajo condiciones en las que una aspersión intermitente causa severa quemadura de la hoja. Esto está de acuerdo con lo dicho por Calvert (3) de que una rata alta de aplicación reduce la quemadura de la hoja, usando la misma calidad de agua.

Bajo condiciones de campo Busch y Turner (2) hicieron un análisis comparativo regando algodón por surcos y por aspersión. El agua tenía 3.000 ppm y se notaron algunas quemazones por sales asociadas con la aspersión cuando las plantas tuvieron menos de 30 centímetros de altura. El contenido de sodio, porcentaje por peso seco, se muestra en la Tabla 2, viéndose allí la confirmación de los resultados obtenidos por Eaton en naranjas. El riego tanto por aspersión como por surcos al algodón rindió cantidades comparables pero la aspersión en el día dio mucho más bajo rendimiento.

TABLA 2
COMPARACION EN RENDIMIENTO DE ALGODON PARA DOS METODOS DE RIEGO

VARIEDAD	RIEGO POR ASPERSION		RIEGO POR SURCOS
	DIA	NOCHE	
Fibra corta	67	32	121
Fibra larga	39	13	103

4. CONCLUSIONES

Los problemas en los cultivos debidos a la salinidad del agua se pueden prevenir algunas veces relacionando los métodos y práctica más adecuadas de riego para un cultivo específico con una topografía y condiciones de suelo y clima dados, contribuyendo así a tener una agricultura en condiciones salinas.

Se indican consideraciones especiales de la calidad del agua para riego por aspersión de cultivos sensibles al Cl o al Na, bajo algunas condiciones extremas, el riego por aspersión puede ser desaconsejable.

Algunas de las prácticas que se deben observar si se selecciona el método de riego por aspersión:

- Adecuada selección de los cultivos los cuales deben tolerar las condiciones específicas de clima y calidad del agua.
- Adecuada selección de los aspersores, la rata de aplicación debe ser acorde con el grado de infiltración del suelo en menor grado para favorecer la entrada rápida y hacia abajo dentro del suelo; velocidad de rotación de los aspersores debe ser alta; para árboles sensibles, se aconseja el uso de aspersores de baja presión.

Si se utiliza riego por goteo, deben hacerse lavados del suelo periódicamente utilizando la aspersión con el fin de eliminar las franjas de sal que se forman entre las hileras de los cultivos.

Para cualquier método de riego que se utilice en condiciones de salinidad, debe calcularse adecuadamente la lámina de riego que debe aplicarse, la cual estará dada por la capacidad de retención del suelo adicionada del requerimiento de lavado el cual alejará las sales de la zona radicular. Debe tenerse en cuenta que la frecuencia de los riegos debe calcularse considerando la lámina de riego calculada sólo en función de la capacidad de retención del suelo. El control de la salinidad se lleva en mejor forma si el terreno está provisto de un buen sistema de drenaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AMES COMPANY, Irrigation Hand-book. California. U.S.A. 1957.
2. BUSCH y TURNER. Sprinkling cotton with saline water. Progressive Agriculture in Arizona. Vol. XVII. No. 4: 27-28. 1965.
3. DAVE, CALVERT. Quoted by Dalton S. Harrison in salt damage to citrus through irrigation systems from a preliminary research report. Indian River Field Lab. Ft Pierce, Florida, 1965.
4. EATON, F. M. and R. B. HARDING. Foliar uptake of salts constituents of water by citrus plants during intermittent sprinkling and immersion. Plant Physiology. 34: 22-26. 1959.
5. EHLIG, C. F. and L. BERNSTEIN. Foliar absorption of sodium and chloride as a factor in sprinkler irrigation. Amer. Soc. Hort. Sci. Proc. 74: 661-670. 1959.
6. GRAY, S. ALFRED. Sprinkling with high salt-content water. Reprinted by sprinkler Irrigation Association. No. 63-6 From Irrigation Engineering and Maintenance.
7. HARDING, R.B. W.P. MILLER and M. FIREMAN. Absorption of salts by citrus leaves during sprinkling with water suitable for surface irrigation. Amer. Soc. Hort. Sci Proc. 71: 248-256. 1958.
8. USDA, Agricultural Hand-book No. 60. 1954.

ARADOS ROTATIVOS FUNDAMENTOS TEORICOS PARA SU ANALISIS CINEMATICO Y DINAMICO

FERNANDO ALVAREZ MEJIA*

1. INTRODUCCION

1.1 DEFINICION

La rotavación es un procedimiento de trabajo en el suelo mediante el cual una herramienta (cuchilla), provista de aristas cortantes, dispuestas simétricamente alrededor de un eje, gira con movimiento circular (uniforme o variado) arrancando el material sobre el cual trabaja.

1.2 HISTORIA Y EVOLUCION

A comienzos del siglo XIX, cuando las fuentes de potencia para los arados se resumían en parejas de animales y algunos pocos tractores a vapor, el problema de baja potencia disponible era un factor preponderante para el trabajo del suelo. Surgieron ideas para sustituir los órganos activos fijos del arado de vertedera por órganos activos móviles.

En 1885, J.K. Underwood, D.M. Lane y M.T. Hancock, desarrollaron la idea anterior, con la construcción de arados de discos realmente prácticos.

La evolución de la idea de cambiar los órganos activos fijos por órganos activos móviles, redundó en el análisis de un nuevo órgano móvil, denominado arado rotativo o fresadora o rotocultor e incluso "rotavators".

Los primeros ensayos y patentes surgieron en Europa entre los años 1850 y 1860 y su producción industrial fue iniciada en Suiza en 1910.

Se puede afirmar que los principales factores que incidieron en la evolución de los arados rotativos fueron los siguientes:

* Ingeniero Agrícola, M.S. Profesor Asociado Sección Mecanización Agrícola, Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, Seccional Medellín.