

## Dinámica de las sales en un suelo sembrado con melón (*Cucumis melo*) bajo riego por goteo en la península de Paraguaná estado Falcón

Frank R. Zamora<sup>1</sup>, Duilio Torres<sup>2</sup>, Nectalí Rodríguez<sup>3</sup> y Frank J. Zamora, P<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola (INIA), Estación Experimental Falcón.

<sup>2</sup>Universidad "Lisandro Alvarado" (UCLA), Facultad de Agronomía,

Departamento de Química y Suelos, Cabudare-Lara. <sup>3</sup>Universidad Francisco de Miranda (UNEFM). E-mail: fzamora@inia.gob.ve

### Resumen

Se evaluó la dinámica de las sales en el bulbo de riego por goteo en el cultivo de melón, instalándose el experimento en un suelo Haplargids de una finca ubicada en el sector Jadacaquiva, Península de Paraguaná. El diseño experimental fue de bloques al azar evaluándose los parámetros: posición del bulbo, tomando tres puntos: (1): Área cercana al tallo de la planta. (2): Área intermedia entre el tallo de la planta y el borde del bulbo. (3): Área del borde del bulbo. El muestreo fue realizado a dos profundidades: 0-10 y 10-20 cm con tres repeticiones por bloque, donde cada uno de estos fue representado por un hilo de siembra de 100 metros de longitud, se evaluaron 4 hilos para un total de 72 unidades experimentales, siendo estas variables evaluadas antes y posterior al riego. Los resultados obtenidos indican que antes del riego las sales se acumularon entre el borde del bulbo y cerca del tallo de la planta con valores de 2,65 dS/m y 2,37 dS/m respectivamente, acumulándose las sales en la primera profundidad con un valor de 2,53 dS/m. Después del riego se observó que las sales se desplazaron hacia el borde del bulbo de riego registrándose un valor de 3,11 dS/m en comparación a 3,02 dS/m y 2,51 dS/m encontrados en la posición ubicada entre el borde del bulbo de riego y el tallo de la planta y el punto mas cercano al tallo de la planta respectivamente. Estos resultados permiten inferir, que una vez aplicada la lámina de riego, las sales fueron desplazadas hacia el borde del bulbo de riego, observándose un porcentaje de humedad mayor en esta zona con 16,81%, en el estrato de 10-20 centímetros de profundidad, favoreciendo el desarrollo del cultivo.

**Palabras clave:** Sales, dinámica, suelo, cultivo de melón, estrés hídrico.

# Salts Dynamics on a Soil Cropped With Muskmelon Under Drip Irrigation in Paraguaná Peninsula, Falcón State

## Abstract

The objective of this research was to evaluate salts dynamics in the drip irrigation bulb in muskmelon (*Cucumis melo*) crop. For that, a field experiment was carried out in an Haplargid soils in a farm in Jadacaquiba, Paraguana Peninsula. A randomized block was used as experimental design and evaluated parameters were bulb position in three points: (1), near to the plant stem; (2) between plant stem and bulb border; and (3) in the bulb border. Samples were taken at two depths (0-10 y 10-20 cm) and three repetitions were done by block. Each block was represented by a sowing file of 100 meters, 4 seed lines were evaluated by 72 experimental units. These parameters were evaluated before and after irrigation. Results showed that before irrigation, the salts accumulated between plant's stem and bulb border and near to the stem of the plants, with values of 2,65 dS/m y 2,37 dS/m respectively and salts accumulate in the first depth with a value of 2,53 dS/m. After irrigation salts moved to the bulb border, showing a value of 3,11 dS/m in relation to a 3,02 dS/m y 2,51 dS/m reported in the position between bulb border and plant stem and the position near to the plant stem respectively. It occurs, because after applying irrigation, salts moved to the bulb border, where a higher wet percentage occurred, 16,81%, in this point. The higher wetness percentage was found in the depth of 10-20 cm. This behavior is favorable to crop development, because when salts accumulate in the bulb border, physiological damage in the plant is reduced, because salts moved to a most distant point of the plants, because salts moved to most distant points of the plants.

**Key word:** Salts, dynamics, soil, muskmelon, water stress.

## Introducción

La degradación de tierras es un proceso que ha llevado a un deterioro progresivo de la calidad del suelo. Los sistemas agrícolas han conducido a un deterioro continuo del recurso suelo, en especial desde el punto de vista químico, lo que se traduce en una pérdida de la productividad agrícola reflejada en menores rendimientos y mayores problemas ambientales [3]. En la zona semiárida del estado Falcón, se ha observado en los últimos años un proceso de degradación continua de la tierra, debido a la predominancia de sistemas agrícolas desarrollados bajo prácticas agronómicas poco apropiadas. Adicionalmente a las condiciones agroclimáticas predominantes en la zona (bajas precipitaciones y alta evapotranspiración) los procesos de degradación de tierras se hacen más intensos y en muchos casos son acelerados por la introducción de sistemas de riego lo-

calizado de alta frecuencia, que mantienen la solución edáfica diluida, permitiendo así obtener altas producciones aunque sin eliminar las sales o el sodio del suelo y llevando así a una salinización oculta a mediano o largo plazo [7, 8].

Según Martínez y Zamora (1990) [5], la salinidad es uno de los principales problemas de degradación de tierras en la península de Paraguana, producto de la excesiva tasa de evapotranspiración, la implementación de sistemas de riegos inadecuados y el riego con agua de mala calidad, los agricultores se han visto obligados a ser mucho más eficientes en el uso de este recurso; es decir, en su forma de regar, adoptando para ello nuevos sistemas de riego que permiten una mayor eficiencia en cuanto a forma y oportunidad de suministrar agua a las plantas. En este sentido, el riego por goteo es uno de ellos y si bien no es el más eficiente de todos, debido a su relación

beneficio costo, el mismo está siendo muy utilizado en la Península de Paraguaná.

Es conocido que los riegos tradicionales (surcos, melgas, entre otros) traen consigo una determinada ineficiencia propia por exceso, inherentes a su forma de aplicar el agua. Dicha ineficiencia generalmente es menor que la medida, en virtud de que parte de ese exceso de agua, pasa a conformar el exigido requerimiento de lixiviación; el cual es necesario para lavar del perfil de suelos las sales aportadas por el agua a fin de no aumentar la concentración de las mismas.

Cabe destacar que la utilización de sistemas de riego por gravedad resulta ineficiente en esta zona, aun aplicando correctamente las láminas para lixiviar las sales, lo cual se debe a la escasez del recurso agua, por lo que este sistema resulta inoperante. En tal sentido, ha sido bien acertada la decisión de los productores hortícolas de las principales zonas agrícolas de la Península de Paraguaná, de adoptar nuevos sistemas de riego que permitan economizar el uso de agua y mantener las sales retiradas de las raíces de la plantas. Tomando en cuenta estas premisas, es necesario estudiar la dinámica de las sales en el suelo, a fin de garantizar que el sistema de riego aplicado permita mantener alejadas las sales de las raíces las plantas; por lo tanto el objetivo de esta investigación fue el de evaluar la dinámica de las sales en el bulbo de riego en el cultivo de melón, regado por riego por goteo.

## Materiales y Métodos

### Descripción del área de Estudio

El trabajo de investigación fue realizado en la finca "La Palma" parroquia Jadacaquiva, municipio Falcón, Península de Paraguaná al norte del estado Falcón, Venezuela.

### Características climáticas

El área en estudio corresponde a la zona de vida monte espinoso tropical (MET), con precipitaciones del orden de 400 mm, temperaturas promedio de 28°C y evapora-

ción promedio de 2900 mm al año, la velocidad del viento es de 3,48 m/s [5].

### Características de los suelos

Son suelos poco profundos, con muy alto contenido en calcio, de débil a moderada estructura, de baja fertilidad, han sido clasificados como clase VI, pudiendo ser mejorados. Sus principales limitaciones son el clima semiárido, poca profundidad y baja fertilidad. Previa a la implementación del sistema de riego con el propósito de conocer los niveles de salinidad de los suelos bajo estudio se recolectaron muestras compuestas, en dos rangos de profundidades 0-10 cm y 10-20 cm, tomadas en forma aleatoria con el objeto de obtener una mejor representatividad en los resultados esperados. Una vez analizado los suelos, los resultados reportados fueron los siguientes:

### Diseño de experimento

El diseño de experimento fue de bloques al azar con arreglo de tratamiento factorial, siendo los factores a evaluar; punto de muestreo (3) los cuales fueron: cerca del tallo de la planta, entre el tallo de la planta y el borde del bulbo mojado y en el borde del bulbo y condición de humedad (2): antes de riego y después del riego, para un total de 6 tratamientos. Este muestreo fue realizado a dos profundidades: 0-10 y 10-20 cm. y se hicieron dos repeticiones por bloques, cada bloque fue representado por un hilo de siembra de 100 metros de longitud, evaluándose 4 hilos para un total de 48 unidades experimentales.

### Sistema de riego

El sistema de riego evaluado fue por goteo con la utilización de cintas, en cada tratamiento se conectaron a la tubería terciaria nueve líneas de cinta de goteo de 86 m cada una en promedio, para un total aproximado de 18400 m. La cinta de goteo utilizada fue de la marca Siberline P-1, calibre 15000, con distancia entre goteros de 33 cm, con un caudal nominal de 1,4 l h<sup>-1</sup>, para una presión de 1 bar.

Tabla 1. Características de los suelos estudiados.

Estrato	Textura	Ce (dS/m)	M.O (%)	CIC	pH	SB	P	Ca	Mg	PSI	CaSO4 (meq/l)
0-10	FAa	Salina	Baja	Muy alta	Alcalino	39,6	Muy alto	Muy alto	Muy alto	0,4	30,46
10-20	FAa	Salina	Baja	Baja	Ligeramente alcalino	36,6	Muy alto	Muy alto	Muy alto	0,7	32,62

Las camas al tener una geometría de 1,20 m entre surcos, requirieron de la ubicación de 3 cintas espaciadas a 30 cm entre ellas, las cuales sólo permiten, en esos suelos, ubicar seis (6) hileras de plantas. Al colocar tres cintas por cama encarece el sistema; no obstante, un menor número de líneas de goteo, con el caudal nominal mencionado, no garantizaba el patrón de humedecimiento requerido para el buen rendimiento del cultivo.

### Evaluación de la salinidad

Para la evaluación de los cambios en la salinidad producido del riego por goteo, se evaluó la dinámica de las sales en tres puntos de muestreo, cerca del tallo de la planta, entre el tallo de la planta y el borde del bulbo mojado y en el borde del bulbo. En cada punto de muestreo se evaluó el contenido de sales presentes a través de la variable conductividad eléctrica, la cual fue medida por medio de un conductímetro marca Orión en relación agua-suelo 2:1, la conductividad eléctrica fue evaluada antes y después del riego, así mismo se determinó el porcentaje de humedad gravimétrica en cada punto de muestreo antes y después del riego.

### Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó un ANOVA y en aquellos tratamientos con diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey, el valor de probabilidad usado en el estudio fue 0,05 y los datos fueron analizados usando el programa estadístico INFOSTAT.

## Resultados y Discusión

### Distribución de sales antes y después del riego

Los resultados observados (Tabla 2), indican claramente que antes del riego las sales se concentraron principalmente entre el tallo de la planta y el borde del bulbo y cercano al tallo de la planta con valores de 2,65 y 2,37 dS/m, respectivamente, los cuales fueron estadísticamente superiores a los valores de conductividad eléctrica encontrados en el borde del bulbo con 1,36 dS/m. Esta situación cambia drásticamente una vez aplicado el riego ya que las sales se acumularon hacia el borde del bulbo y entre el tallo de la planta y el borde del bulbo con valores de 3,11 y 3,02 dS/m respectivamente, los cuales fueron significativamente superiores al encontrado cerca del tallo de la planta el cual fue de 1,51 dS/m.

Los resultados sugieren que antes del riego la concentración de sales cercana al tallo de la planta constituye un grave riesgo para el desarrollo del cultivo, debido al efecto

Tabla 2. Dinámica de las sales en el suelo antes y después de la aplicación del riego.

Posición del bulbo de mojado	Antes del Riego	Después del Riego
Cerca del tallo de la planta	2,37 dS/m <sup>b</sup>	1,51 dS/m <sup>a</sup>
Punto intermedio entre el tallo de la planta y el borde del bulbo	2,65 dS/m <sup>ab</sup>	3,02 dS/m <sup>b</sup>
En el borde Bulbo	1,36 dS/ m <sup>a</sup>	3,11 dS/ m <sup>b</sup>

nocivo que tienen las sales sobre la fisiología del melón, la aplicación del riego por goteo disminuyó considerablemente los riesgos de daños por toxicidad al cultivo, ya que permitió que las sales se alejaran del tallo de la planta, por lo que en este caso el riego por goteo no sólo permitió minimizar el gasto de agua, sino que a su vez disminuyó considerablemente los riesgos de salinización.

Esto coincide con lo reportado por Kahlon *et al* (2004) [4], quienes señalan que en el riego por goteo, la menor concentración de sales se encuentra hacia la base de la planta y la misma se incrementa en profundidad en el perfil de suelo, por el contrario en riego por surcos las sales se concentran en la base y decrecen en profundidad. En este sentido Badr y Taalab (2007) [2], señalan que luego de la aplicación del riego el movimiento de las sales fue a los estratos más profundos.

### Distribución de las sales en profundidad

En cuanto a la profundidad de las sales cabe destacar que antes de la aplicación del riego, las sales tendían a acumularse entre los 10 y 20 centímetros de profundidad, presentando una conductividad eléctrica de 2,53 dS/m a la segunda profundidad y de 1,73 dS/m en la primera profundidad, esta concentración en el segundo estrato afecta poco al cultivo del melón, ya que el mismo presenta un desarrollo radicular superficial. Aunque en el cuadro uno, se observa que las sales se acumulan hacia el borde del bulbo, hay que destacar que este bulbo ha sido desplazado en el perfil del suelo. Se observa que luego del riego existe una acumulación de las sales en los primeros 10 centímetros del suelo presentando una conductividad eléctrica de 3,25 dS/m, la cual es significativamente superior ( $P < 0,05$ ) a la presentada en el segundo estrato 2,50 dS/m (Tabla 3).

La acumulación de sales en los primeros 10 centímetros puede obedecer a que la lámina aplicada es superior a lo requerido, por lo tanto existe un desplazamiento del bulbo

Tabla 3. Distribución de las sales en el perfil del suelo.

Profundidad del suelo	Antes del Riego	Después del Riego
0-10 centímetros	1,73 dS/m <sup>b</sup>	3,25 <sup>b</sup>
10-20 centímetros	2,53 dS/m <sup>a</sup>	2,50 <sup>a</sup>

de riego lo que ocasiona un ascenso de las sales por evaporación. Esto es sustentado por un notable incremento en los valores de conductividad eléctrica, posterior al riego, cuando se compara con los valores de conductividad reportados antes del riego. Badr y Taalab (2007) [2] señalan que altas tasas de recargas de agua aumentan la concentración de sales en la superficie, mientras que una menor descarga en riego por goteo, permite mantener las sales en niveles tolerantes de salinidad dentro de la zona radical. En este sentido Martínez y Zamora (1990) [5] además atribuyen que el uso de agua de mala calidad también está asociada a la acumulación de sales a niveles tóxicos, además que conlleva al deterioro de las propiedades físicas e hidrológicas del suelo.

#### Distribución de la humedad en el suelo antes y después del riego

En relación al porcentaje de humedad, en la Tabla 4, se observa que no existieron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en cuanto a la distribución de la misma antes del riego, encontrando una tendencia a que la humedad se acumuló en el punto intermedio entre el tallo de la planta y el borde del bulbo con un valor de 8,05% y hacia el borde del bulbo con un valor de 7,65%, mientras que cerca del tallo de la planta, el porcentaje de humedad fue de 6,93%, después del riego se observa como existió una acumulación de humedad, hacia el borde del bulbo con un valor de 16,81% el cual fue estadísticamente similar al porcentaje de humedad reportado hacia el punto intermedio entre el tallo de la planta y el borde del bulbo de riego equivalente a 5,9%, pero significativamente superior ( $P < 0,05$ ) al porcentaje de humedad presente cerca del tallo de la planta con un 14,79%.

Un mayor porcentaje de humedad hacia el borde del bulbo es un factor importante, ya que el movimiento del agua hacia esta zona permite mantener las sales hacia los puntos intermedios y el borde del bulbo impidiendo su desplazamiento hacia las zonas cercanas al tallo de la planta.

#### Distribución de la humedad dentro del perfil de suelo

La acumulación de las sales en los primeros 10 centímetros es un aspecto preocupante ya que se evidencia un ascenso de las sales debido a un desplazamiento del bulbo, lo

Tabla 4. Porcentaje de Humedad en el suelo antes y después de la aplicación del riego.

Posición del bulbo de Mojado	Antes del Riego	Después del Riego
Cerca del tronco de la planta	6,93% <sup>a</sup>	14,79% <sup>a</sup>
Punto intermedio entre el tronco de la planta y el borde del bulbo	8,05% <sup>b</sup>	15,59% <sup>b</sup>
En el borde bulbo	7,65% <sup>a</sup>	16,81% <sup>b</sup>

Tabla 5. Distribución de la Humedad en el perfil de suelo.

Profundidad del suelo	Antes del Riego	Después del Riego
0-10 centímetros	8,43 % <sup>a</sup>	14,99 <sup>a</sup>
10-20 centímetros	8,98 % <sup>a</sup>	16,47 <sup>b</sup>

cual puede ser atribuido a un exceso de lámina de agua aplicada, cuya condición favorece el ascenso de sales por evaporación. Los resultados ratifican esta afirmación, ya que se observa que antes del riego existió una distribución uniforme del agua dentro del perfil de suelo, observándose un porcentaje de humedad estadísticamente similar ( $P < 0,05$ ) en los dos estratos con valores de 8,98% para la profundidad de 10-20 cm. y de 8,43% para la profundidad de 0-10 cm; sin embargo, luego de la aplicación del riego se observó un aumento de la humedad en el segundo estrato de suelo con un valor de 16,47%, el cual fue estadísticamente superior ( $P > 0,05$ ) al reportado para el primer estrato, con un valor de 14,99% (Tabla 5).

Este comportamiento indica que la lámina de agua aplicada fue muy alta lo cual pudo ocasionar un desplazamiento del bulbo, favoreciendo el ascenso de las sales, en virtud de la excesiva tasa de evaporación. Mmolawa y Dor (2004) [6], señalan que la capilaridad y el desplazamiento del bulbo de humedad, promueven la acumulación de sales en el suelo, lo cual es favorecido en regiones con altas tasas de evaporación, tal como el caso en la Península de Paraguaná, donde el desplazamiento del agua hacia el segundo estrato también pudo haber sido favorecido por la clase textural del suelo, donde predominan texturas livianas (Fa – FAa).

[1] ha establecido que la tasa de aplicación de agua es uno de los factores que determina la distribución de la humedad y de las sales en el suelo, asegurando que descargas menores están asociadas a una mayor eficiencia en la re-

moción de sales del suelo. Es por ello que autores como Mmolawa y Dor (2004) [6] proponen que lejos de incrementar la cantidad de agua aplicada, el incremento de la frecuencia de riego mantiene las sales en niveles tolerantes, contribuyendo con la productividad del cultivo.

La acumulación de sales en los primeros 10 centímetros de profundidad como se señaló anteriormente, es debido a un exceso en la cantidad de agua aplicada, lo cual se traduce en un desplazamiento del bulbo de riego; en el cuadro 4 se observa que una vez aplicado el riego, existe un incremento notable de la humedad en el suelo y un desplazamiento de la misma hacia las capas inferiores con un valor de 16.47%, el cual es estadísticamente mayor al reportado en los primeros 10 centímetros de 14.99%.

Estos resultados contradicen lo reportado por Kahlon *et al.* (2004) [4], quienes indican que la máxima humedad se localiza hacia el borde de la planta, y que la misma decrece a mayor profundidad, estos autores reportaron que la máxima humedad en riego por goteo prevaleció en el horizonte superficial 0-10 cm, cuyo desplazamiento de la humedad está asociado al ascenso de las sales por la evaporación, lo cual se evidenció en los incrementos de los valores de salinidad en los primeros 10 centímetros del perfil de suelo.

## Consideraciones finales

1. Las sales se acumularon principalmente hacia el borde del bulbo y entre el tallo de la planta y el borde del bulbo, lo que permitió que las sales se alejaran del tallo de la planta, disminuyendo los riesgos de salinización. Esto también es asociado con el mayor porcentaje de humedad, en virtud de que después de la aplicación del riego, las sales fueron ubicadas principalmente hacia el borde del bulbo de riego, lo que permitió mantener las sales alejadas del tallo de las plantas, reduciendo así la toxicidad por salinidad en el cultivo de melón.

2. Se observó una acumulación de las sales en los primeros 10 centímetros del suelo presentando una conductividad eléctrica de 3,25 dS/m, lo cual indica que debe reducirse la lámina de agua aplicada, para evitar el desplazamiento

del bulbo mojado, y evitar así el ascenso de las sales por capilaridad.

3. Luego de la aplicación del riego, se observó un aumento del porcentaje de humedad en el segundo estrato de profundidad evaluado, lo cual conllevó a un desplazamiento del bulbo mojado asociado con el incremento de la salinidad en los primeros centímetros del perfil de suelo.

4. Los resultados obtenidos en la evaluación sobre la dinámica de sales en el suelo bajo riego con goteo sembrado con melón en la Península de Paraguaná, representa una herramienta estratégica para los agricultores de esa importante zona agrícola, en virtud de que apunta hacia un uso apropiado del recurso agua y en consecuencia contribuye con la sostenibilidad de los sistemas de producción.

## Referencias

- [1] ASSOULINE, S. (2002). The effects of microdrip and conventional drip irrigation on water distribution and uptake. **Soil Sci Soc Am. J.** 66: 1630-1636.
- [2] BADR, M.A., TAALAB, A.S. (2007). Effects of drip irrigation and discharge rates on water and solutes dynamics in sandy soils and tomato yield. **Australian Journal of basic and applied sciences** 1 (4) 545-552.
- [3] LAL, R. (1998). **Soil quality and sustainable. Advances in Soil Science.** CRC Press. Boca Raton, Florida. pp. 17-30.
- [4] KAHNOLN, M.S., KHERA, K.L.; JOSAN, A.S. (2004). Salt and moisture distribution in rhizosphere under drip and furrow methods of irrigation. **Journal of Soils and Crops**, 14 (2) 224-229.
- [5] MARTINEZ, D.; ZAMORA, F. (1990). **Diagnóstico agroecológico de la Península de Paraguaná.** Informe técnico (Fonaiap-Falcón). p. 23.
- [6] MMOLAWA, K.; OR. D. (2004). Root zone solute dynamics under drip irrigation: A review. **Plant and Soil** 222 (1-2) 163-190.
- [7] RODRÍGUEZ, A., GONZÁLEZ, M., HERNÁNDEZ, L., JIMÉNEZ, C., ORTE, M., PADRÓN, P., TORRES, J.; VARGAS, G. (1993). Assessment of soil degradation in the Canary Island (Spain). **Land Degradation and Rehabilitation**. 4: 11-20.
- [8] VARGAS, G., JIMÉNEZ, C.; RODRÍGUEZ, A. (2000). Influencia de las aguas de riego en los procesos de salinización y sodificación de suelos en cultivos de plátanos y tomates. **Edafología** 7: 129-136.