

Calidad del agua de riego y su posible efecto en los rendimientos agrícolas en la Empresa de Cultivos Varios Sierra de Cubitas

Quality of irrigation water and its possible effect in the agricultural yields in Sierra Cubitas Crop Enterprise

Camilo Bonet Pérez¹ y Martha P. Ricardo Calzadilla

RESUMEN. Los altos niveles de Na⁺ y Cl⁻, presentes en el agua empleada para el riego en la empresa de cultivos varios Sierra de Cubitas, unido a los síntomas de toxicidad y poco desarrollo vegetativo del cultivo de la papa han llevado a la dirección del Ministerio de la Agricultura a plantear la necesidad de valorar si se justifica mantener los niveles de siembra previstos del citado cultivo en esta Empresa. El estudio realizado indica que si bien el efecto tóxico sobre el cultivo puede estar presente, no es el único factor que limita actualmente los rendimientos agrícolas. Los niveles de Na⁺ y Cl⁻ encontrados en el agua pueden producir toxicidad sobre el cultivo de la papa; incrementándose estos con la tecnología de riego empleada, por lo que en la empresa incide decisivamente en el resultado productivo el uso y mal manejo de aguas de mala calidad. El estudio recomienda el empleo de adaptaciones al sistema de riego para disminuir los efectos negativos sobre los rendimientos.

Palabras clave: toxicidad iónica, sistemas de riego

ABSTRACT. The high levels of Na⁺ and Cl⁻ in the water used to irrigate at Sierra de Cubitas Crop Enterprise, together to the toxicity signs and poor vegetative development of potato, have carried to the Direction of the Agricultural Ministry to issue the need if it worth or not, to keep the planned sowing levels of this crop there. The study carried out indicates that though it is real the toxic effect on the crop, it is not the unique factor that hinders the agricultural yields. The Na⁺ and Cl⁻ levels found in the water can produce toxicity on potato, increase themselves with the irrigation technology used; that's why, the use and an inadequate management of waters of poor quality influenced largely in the productive results of the Enterprise. The study suggests modifications to the irrigation system, aimed at diminishing the negative effects over the yields.

Keywords: Ionic toxicity, Irrigation Systems.

INTRODUCCIÓN

En la agricultura de regadío la calidad del agua es un importante factor a considerar para la obtención de altos rendimientos agrícolas, además adquiere cada día más actualidad e importancia debido a la limitación de los recursos hídricos, al aumento de la contaminación de embalses y ríos y a la excesiva explotación de las aguas subterráneas.

En las regiones áridas y semiáridas del planeta, donde el clima es desfavorable para el desarrollo de las especies vegetales, el agua no se encuentra fácilmente. Cuando esta aflora a la superficie suele presentar una baja calidad. A su vez los

suelos de estas regiones acumulan sales solubles, estos problemas se localizan en 1/3 de las tierras del planeta dedicados a la agricultura. Ortega (1986) expone que una de las causas principales de la salinización secundaria de los suelos en Cuba es el riego poco técnico y el uso de aguas de baja calidad.

Según Ayers y Westcott (1987) la tendencia actual de evaluación de la calidad del agua para propósitos de riego es más cualitativa que cuantitativa, evitando el uso de clasificaciones rígidas y refiriéndose a cada caso en una forma elástica y particular ya que el agua es un recurso cada día más escaso que debe ser manejado cuidadosamente dependiendo de las condiciones ambientales, el tipo de suelo y de cultivo, y de las condiciones económicas y sociales de los agricultores.

Recibido 24/07/10, aprobado 31/03/11, trabajo 35/11, investigación.

¹ Ing., Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera Fontanar-Wajay km 2 ½, Reparto Abel Santamaria, Boyeros, La Habana, Cuba, Telef. 033-214045, E-✉: camilo@eimanet.co.cu

El uso de agua de mala calidad puede ocasionar problemas en el suelo y en los cultivos; estos pueden ser problemas de salinidad; disminución de la tasa de infiltración, toxicidad específica sobre los cultivos y otros. (Moreno y Moral (1996).

La Empresa de Cultivos Varios (ECV) Sierra de Cubitas se encuentra situada en la cuenca C II-1, esta se caracteriza por ser abierta al mar y en la cual la explotación del acuífero se ve limitado por la contaminación provocada por la intrusión salina. El agua empleada para riego posee altos niveles de iones Na^+ y Cl^- , y los suelos se caracterizan por presentar una alta velocidad de infiltración y relativamente baja capacidad de retención de humedad.

La tecnología empleada para el riego es básicamente la de máquinas de pivote central tipo Fregat, de las cuales posee una gama de equipos cuya magnitud oscila entre 7 y 14 torres (entre 13 y 60 ha).

Los bajos rendimientos que como promedio se han alcanzado históricamente en la producción de papa además del poco desarrollo vegetativo que generalmente se ha observado en este cultivo han conllevado a la interrogante sobre la posible influencia del efecto tóxico de los iones Na^+ y Cl^- presentes en el agua de riego en estos resultados, esta hipótesis se sustenta en la consideración de que la tecnología de riego empleada conlleva la aplicación del agua sobre el follaje y que dadas las características de suelo el número de riegos que se aplica a los cultivos es necesariamente alto, así como a la necesidad de regar durante el día (cuando los estomas están abiertos) para poder cumplir el ciclo de riego previsto.

Objetivos:

- 1. Valorar la posible influencia de la toxicidad por Na^+ y Cl^- en los resultados productivos alcanzados.

Estudiar alternativas de manejo del riego adecuadas a las condiciones de suelo, tecnología de riego y calidad del agua disponible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se lleva a cabo un estudio sobre la base de datos existentes en la empresa Cultivos Varios Sierra de Cubitas, los cuales incluyen: Localización geográfica de la cuenca, suelos, hidro-

logía, método de riego, cultivo, calidad química del agua, índices de toxicidad Ferríticos (Cuba, Academia de Ciencias de Cuba, 1995).

Los suelos de la región se clasifican como son profundos y se caracterizan por una alta velocidad de infiltración y poca capacidad de retención de humedad.

Se seleccionaron para el estudio 32 máquinas de riego que han participado en 10 campañas del cultivo de la papa.

Se evalúa la calidad química del agua a partir del criterio de toxicidad por Sodio y Cloro, a través de una serie de 110 análisis químicos realizados durante tres años en el Laboratorio de Suelos de la Delegación del MINAG de Camagüey, y se valora su posible efecto sobre los rendimientos del cultivo de la papa utilizando datos de rendimientos de nueve campañas. Se utilizan dos criterios para evaluar toxicidad provocada por cloruros, el análisis foliar y la relación $\sqrt{\text{Ca}^{2+}} / \text{Cl}^-$.

El análisis foliar se realizó tomando muestras de hojas a los 30, 60 y 90 días a partir de la siembra de la papa para evaluar el efecto acumulativo en el tiempo y la influencia de distintas condiciones de manejo del riego.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ECV Sierra de Cubitas se encuentra en la cuenca C - II - 1, esta se caracteriza por ser una cuenca abierta al mar donde la explotación del acuífero se ve limitado por la contaminación provocada por intrusión salina. Las aguas presentan un alto contenido de los iones sodio y cloruro, de las 110 muestras analizadas el 95 y 96% de los valores de Na^+ y Cl^- respectivamente son superiores a 3 me/L.

En las 10 campañas estudiadas han participado 32 máquinas de riego, de ellas 25 en tres o más ocasiones.

En la Figura 1 se presentan los gastos de la fuente de abasto utilizadas en el riego de la papa en una campaña, en ella se puede observar que en todos los casos el gasto instalado es menor al gasto autorizado, lo que igualmente se cumple para el resto de los sistemas de riego de la empresa, al mismo tiempo, los volúmenes de agua bombeados cada año resultan inferiores al potencial autorizado por el INRH, lo cual presupone que no ha existido una sobre explotación del manto subterráneo.

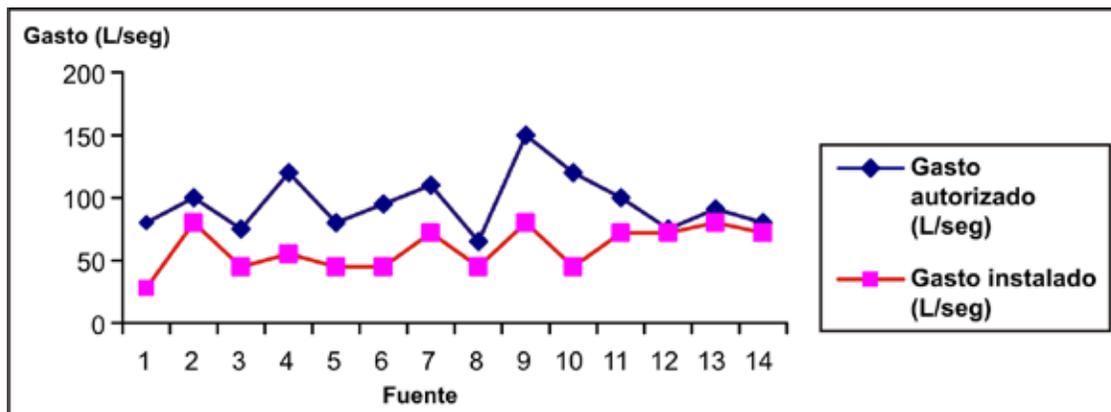


FIGURA 1. Comparación entre el gasto autorizado e instalado.

Los valores de cloruros presentes son altos, teniendo en cuenta los cultivos predominantes a desarrollarse en el área durante el periodo estudiado (col, papa) cuyos valores máximos tolerables están entre 5 y 10 me/L respecto a los cloruros. Mass (1984) empleando igual técnica de riego encontró que valores de cloruros en orden de 5 a 10 me/L causan daños foliares en los cultivos vid, pimientos, papa y tomate por la acumulación de sales en las hojas. La relación $\sqrt{\text{Ca}^{2+}}/\text{Cl}^-$ presentó valores en el rango de 0,2 a 0,8, encontrándose los mayores valores en los pozos más alejados de la costa. El incremento de esta relación iónica influye en la disminución del efecto tóxico del cloruro, por lo que en las áreas ubicadas en las cotas más bajas existe una mayor posibilidad del efecto visible

de toxicidad por el exceso de cloruros que en las más altas, dado el efecto paliativo de la alta concentración de calcio en estas últimas; resulta por tanto vital el estudio del ión calcio como criterio para evaluar el potencial efecto tóxico de los cloruros.

Al analizar las variaciones del contenido de Na^+ y Cl^- como puede apreciarse en la Figura 2 en el transcurso del tiempo no se observa una tendencia clara, variando indistintamente de forma crecientes y decrecientes, influenciados por el efecto de factores climáticos y de explotación a que es sometido este acuífero, no obstante los valores se encuentran dentro del rango de no adecuados según Ayers y Westcott (1987), siendo el ión cloruro superior al sodio.

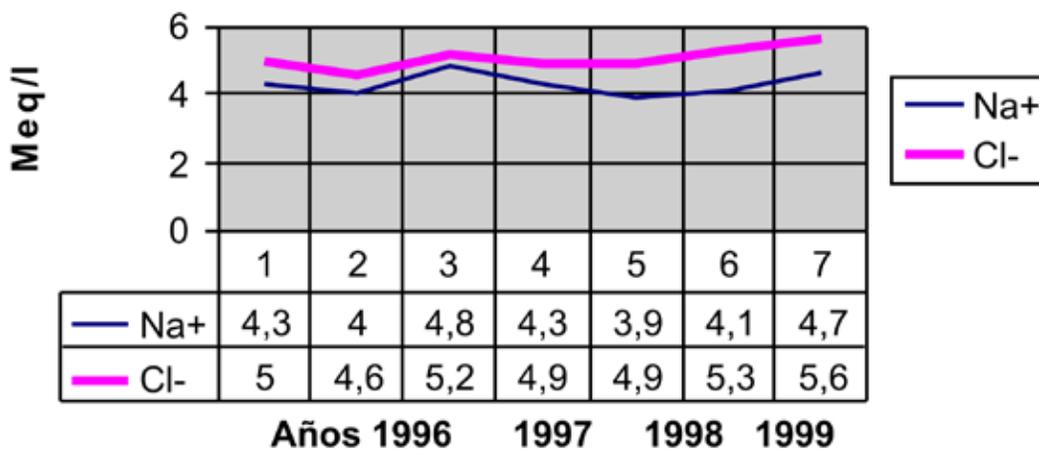


FIGURA 2. Tendencia del Na^+ y Cl^- en los años analizados.

Ricardo (1996) encontró en similares condiciones efectos nocivos y acumulaciones excesivas de este ión en el cultivo de la papa, presentándose síntomas de toxicidad provocados por este elemento.

Los índices promedios de las observaciones durante los últimos años son de 4,3 me/L de Na^+ y 5,0 me/L de Cl^- . En el primer semestre del año se manifiestan incrementos en el contenido de estos iones con relación al año anterior influenciados sin duda por la intensa sequía ocurrida en este territorio.

Teniendo en cuenta la infraestructura de riego de la empresa se realiza un análisis territorial para evaluar la posible relación entre la ubicación de las máquinas con relación al nivel del mar y los rendimientos agrícolas; el análisis refleja los mayores índices en las Fregat 48 y 53 situados al extremo oeste con niveles estático y dinámico relativamente pequeños, luego aparecen las Fregat X (extremo este), 21, 27, 25 y 23 (al norte), todas con más de 10 torres lo que requiere de mayor tiempo de explotación durante el horario diurno, de manera que más que con la ubicación geográfica se encontró una mayor relación de los rendimientos con las dimensiones de las máquinas de riego, resultado en el cual están reflejados otros factores independientes de la calidad del agua de riego.

El riego por aspersión puede causar problemas de toxicidad que no se presentan cuando se riegan por otras técnicas que no mojan la superficie foliar; esto es debido a que cantidades excesivas de sodio y cloro pueden ser absorbidas a través

de las hojas mojadas por el aspersor (Meiri, 1994). Por esta razón y teniendo en cuenta las características edafoclimáticas de la zona en estudio de la ECV Sierra de Cubitas y el método de riego generalizado en la misma, los análisis a realizar deben encaminarse a evaluar el efecto tóxico de los iones Cl^- y Na^+ sobre las plantas.

El análisis foliar es un excelente índice como criterio para evaluar el efecto nocivo de estos iones. En los análisis foliares en áreas de las 32 máquinas, se encontraron concentraciones de cloruros en el rango de 2,3 a 2,85%, y de sodio en el rango de 0,13 a 0,19% respecto al peso seco. Shaimberg y Oster (1978) y Pizarro (1985), han planteado que el límite de tolerancia de cada cultivo es distinto, pero para muchas especies arbóreas la toxicidad se presenta cuando el Na^+ representa un porcentaje superior al 0,25 – 0,50% respecto al peso seco acumulado en las hojas, y en el caso de los cloruros en el orden de 0,3 – 1,0%, por lo que en este caso de acuerdo a los análisis foliares los cloruros representan un peligro para el cultivo, no así el sodio.

Ricardo (1996) encontró en muestras foliares de papa en zonas con similares características evidentes síntomas de toxicidad en el cultivo con concentraciones inferiores de cloruros. El análisis foliar realizado indicó mayores concentraciones de los iones sodio y cloruro en las máquinas grandes comparadas con las pequeñas aunque sin diferencias significativas, y una tendencia al incremento de estos valores en la medida en que

se incrementaba el número de riegos, con valores más significativos para el ión cloruro.

Entre los efectos valorados como posibles consecuencias de toxicidad por Na⁺ y Cl⁻ se ha considerado la muerte prematura de la plantación de papa y el poco desarrollo foliar que alcanza este cultivo en comparación con el que se logra en otros territorios; no es posible afirmar que la causa de estos problemas sea específicamente los contenidos altos de Cl⁻ en los foliolos, ya que para esto se requiere de condiciones de control rigurosas contra un testigo de referencia en condiciones óptimas es decir regado con agua de buena calidad, no obstante, es un factor a considerar como una de las causas probables de los bajos rendimientos obtenidos en la empresa.

Shaimberg y Oster (1978) y Pizarro (1985), plantearon que concentraciones de cloruro en muestras foliares por encima de 1% reflejan síntomas de toxicidad, además Ricardo (1996) encontró en muestras de papa en zonas con similares características a las de la ECV Sierra de Cubitas valores que oscilan entre 2,50 y 2,86% de Cl⁻ y 0,07 a 0,13% de Na⁺ respecto al peso seco con evidentes síntomas visuales de toxicidad en el cultivo, provocados fundamentalmente por cloruros.

Durante una campaña la Fregat 47 con índices de sodio y cloruro de 4,0 me/L y 4,5 me/L respectivamente alcanzó 32,00 ton/ha, mientras en la Fregat 14 donde el poco desarrollo vegetativo era significativo los valores de sodio y de cloruro eran de 2,3 me/L y de 2,7 meq/L respectivamente, y los

rendimientos en el orden de los 16,39 t/ha, lo que indica a las claras que no es posible establecer una relación directa entre el contenido de Sodio y Cloro en el agua de riego y los rendimientos agrícolas, pues si bien el efecto tóxico puede estar presente, resulta evidente que otros factores tienen una mayor incidencia en los resultados productivos.

Como puede apreciarse en la Tabla 1 las diferencias en cuanto a las dimensiones de las máquinas que han participado en las campañas de papa se han reflejado en los rendimientos alcanzados. El efecto tóxico del sodio y el cloro sobre el cultivo puede ser más marcado en máquinas de gran porte (más de 12 torres), en las cuales el cumplimiento del programa de riego en cultivos de alta demanda hídrica como la papa requiere del riego ininterrumpido, en tanto en máquinas pequeñas es posible concentrar el riego en el horario nocturno cuando los estomas están cerrados.

Una evaluación interesante aunque con fines más bien de diagnóstico es el efecto que estos iones causarían para ello se pueden tener en cuenta varios parámetros de interés agronómico, como número, peso y tamaño de los frutos, duración de la fructificación o calidad del fruto, estos se ven influenciados por efectos ambientales externos como fertilización, humedad relativa, tratamientos fitosanitarios, etc., una variante de mayor interés para pronóstico es el análisis foliar de los diferentes contenidos iónicos (Amante, 1993).

TABLA 1. Rendimientos medios para máquinas de riego de diferentes dimensiones

Nº de Torres	Fregat	Rendimiento medio (t/ha)
7	R-1, 47	27,92
10	X 32, 33, 34, 26, 28	20,85
11	24	20,73
12	30, 27	16,80
14 y más	48, 53, 12, 14, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 16,17, 21, 22, 23, 25	16,39

Los rendimientos mínimos y máximos de aquellas máquinas que han participado en tres o más campañas se presentan en la Tabla 2, donde se reafirma lo anteriormente señalado en cuanto a la influencia del tipo de máquina sobre los rendimientos; al agrupar las máquinas menores de 12 torres y compararlas con el resto las diferencias en los rendimientos históricos resulta de 4,48 t/ha a favor de las primeras. Se obtuvo una alta correlación entre el número de torres y los rendimientos, resultando una ecuación del tipo:

$$Y = -245,47 X + 7993,2$$

$$R^2 = 0,6015$$

TABLA 2. Rendimientos mínimos y máximos

Rendimientos	Rendimientos (t/ha)	Fregat	No. de campañas
Mínimos	11,54	2	3
Máximos	27,92	47	4

CONCLUSIONES

- El nivel de Na⁺ y Cl⁻ en el agua empleada para el riego en la Empresa de Cultivos Varios Sierra de Cubitas es alto y potencialmente tóxico para los cultivos, no obstante, no es posible establecer una relación directa entre los rendimientos logrados en el cultivo de la papa y la calidad del agua empleada en el riego.
- La tecnología de las máquinas de riego empleada en esta empresa es un factor agravante que incrementa los efectos negativos potenciales de los iones tóxicos presentes en el agua, por distribuir la misma sobre el follaje del cultivo, siendo más marcado el posible efecto tóxico del agua de riego sobre el cultivo en las máquinas de gran porte (más de 12 torres) por la necesidad de regar en horas del día para poder cumplir el ciclo de riego previsto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

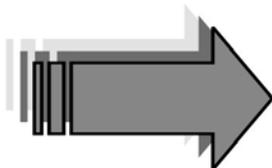
- AMANTE, J. J. C.: *Preacondicionamiento salino de plántulas de tomate mediante estrés salino como vía para incrementar la resistencia a la salinidad*, 55pp., **Trabajo de Diploma (en opción al título de ingeniero Agrónomo)**, Universidad Politécnica de Valencia, España, 1993.
- AYERS, R. S. y WESTCOTT, D. W. *Calidad del agua en la agricultura*, 174pp., FAO 29. Roma, Italia, 1987.
- CUBA, ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA: *Génesis y clasificación de los suelos de Cuba*, 315pp., (Texto explicativo del mapa genético de los suelos de Cuba, escala 1:25000), La Habana, 1995.
- MASS, E. V.: *Salt tolerance of plants. In The Handbook of plant Science in Agriculture*. B r Christie(ed). C R C. Press. Boca Raton, Florida, USA, 1984.
- MEIRI, A.: Tolerance of different crops to salinity conditions in soil, In: **15th World Congress of Soil Science**, pp. 326-331, 1994.
- MORENO, J. M. D. y M. MORAL: *Análisis y calidad del agua para el riego*: Editorial Servicios de publicaciones Universidad Politécnica de Valencia, España, 1996.
- ORTEGA, S. F. "Las causas de la salinidad en los suelos de Cuba", MINAGRI, La Habana, *Revista Cien Agri.* (27): 126-136, 1986.
- PIZARRO, F. *Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos*, 597pp., Editorial Agrícola Española, S A, España, 1985.
- RICARDO, M. *Calidad del agua para el riego en el Sur de la Habana. Tesis (en opción al grado científico de Master en Riego y Drenaje)*, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, 1996.
- SHAINBERG, I. and D. OSTER: *Quality of irrigation water*. III Center. Israel Publication N° 2, Israel, 1978.



CENTRO DE MECANIZACIÓN AGROPECUARIA

LABORATORIO DE OLEOHIDRÁULICA

SERVICIOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS



- **Descontaminación de aceites oleohidráulicos**
- **Fabricación de equipos portátiles de filtraje de aceites**
- **Recuperación (emboquillado) y fabricación de mangueras**
- **Diagnóstico y evaluación de circuitos oleohidráulicos y sus componentes**
- **Cursos y entrenamientos de posgrado**

Solicitudes de ofertas a:

M.Sc. Héctor de las Cuevas Milán
Centro de Mecanización Agropecuaria
Autopista Nacional y Carretera de Tapaste. km 23, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. Apdo. 18-19
Tel.: (53)(47) 864346
E_mail: hector@isch.edu.cu