

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
XI CONGRESO INTERNACIONAL EN CIENCIAS AGRICOLAS, 2008.**

**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE SISTEMAS DE
DRENAJE AGRICOLA SUBTERRÁNEO EN EL DISTRITO DE RIEGO 014, RIO
COLORADO, MEXICO.**

Rodolfo Namuche Vargas¹, Carlos R. Orozco Riezgo², Julio A. Navarro Urbina³, Jesús A. Flores López³, Arturo Jiménez Trejo⁴, Heriberto Montoya Ángulo⁵.

RESUMEN

Se describe la metodología desarrollada y adoptada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) para la evaluación del funcionamiento y conservación de sistemas de drenaje subterráneo parcelario. La metodología contempla la determinación del grado de azolve, minerales y raíces que tienen dichos sistemas y el equipo necesario para su conservación. Se presenta una aplicación detallada de la metodología al estudio de caso del Distrito de Riego 014, Río Colorado, Baja California, México. Dentro de los resultados relevantes son: i) de las 72 parcelas evaluadas agrónomicamente 59 (82%) están funcionando muy bien, en proceso de recuperación se encuentran 11 (15%) parcelas; de las 157 descargas encontradas, 98 están en buenas condiciones, 36 se encuentran destruidas y 60 enmontadas; ii) el máximo gasto medido fue de 10 l/s y el mínimo de 0.18 l/s, la cantidad de sales que se extrae en estas condiciones es de 7.38 ton/día y de 0.02 ton/día, respectivamente; iii) diseño de los sistemas de drenaje subterráneo, básicamente en lo referente al diseño de filtros basados en la curva granulométrica, se recomienda un filtro de geotextil de 400 micras y la profundidad de los sistemas a 1.2 m en promedio; iv) la tubería en algunos casos tiene hasta un 75 % de sedimentación, minerales de Fe y Mn e invasión de raíces, por lo que se recomienda realizar el mantenimiento de dichos sistemas con el equipo idóneo.

Palabras clave: drenaje agrícola subterráneo, salinidad de suelos.

ABSTRACT

The methodology developed and adopted by the Mexican Institute of Technology of Water (IMTA) for the evaluation of the operation and conservation of systems of subsurface agricultural drainage. The methodology contemplates the determination of the rate of silt obstructions, minerals and roots that have these systems and the necessary equipment for their conservation. An application detailed from the methodology to the study of case of the Irrigation District 014 Río Colorado, Baja California, Mexico. Within the excellent results they are: i) of the 72 fields with an agronomist evaluation 59 (82%) are working very well, in recovery process are 11 (15%) fields; of the 157 water outlets, 98 are in good conditions, 36 are destroyed and 60 wooded; II) the maximum water flow measured was of 10 l/s and the minimum of 0.18 l/s, the amount of salts that is extracted in these conditions is 7.38 ton/day and 0.02 ton/day, respectively; III) design of the systems of subsurface drainage, basically with respect to the design of filters based with base on

¹ Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). rnamuche@tlaloc.imta.mx

² Estudiante de Postgrado del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). oriezgo@gmail.com

³ Comisión Nacional del Agua de la Península de Baja California.

⁴ Secretaría de Fomento Agropecuario del Estado de Baja California.

⁵ Módulo de Riego No. 10 del Distrito de Riego 014, Río Colorado.

the grain sized curve and recommends a filter of geotextile of 400 microns and the depth average of the systems is 1.2 meters; IV) the pipe in some cases has until a 75% of sedimentation, minerals of Fe and Mn and invasion by roots, reason why it is recommended to make the maintenance of these systems with the suitable equipment.

Key words: agricultural subsurface drainage, soils salinity.

1. ANTECEDENTES

En 2001 la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) encomendó al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) realizar un proyecto de evaluación de sistemas de drenaje agrícola subterráneo en el Distrito de Riego 076, Valle del Carrizo, Sinaloa, a partir de esta experiencia ha sido posible delinear la metodología que debe utilizarse para realizar evaluaciones sistemáticas y confiables de los sistemas de drenaje instalados en zonas áridas.

La instalación de tubería de drenaje agrícola subterráneo (drenaje parcelario) en el Valle de Mexicali, Baja California, se inicio en el año de 1971 con la instalación de 40-00 ha en el ejido Michoacán de Ocampo, mismas que en la actualidad no funcionan. Posteriormente en 1991 la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) instaló 2-00 ha en su campo experimental de la Colonia Polvora y 18-00 más en el año de 1995 en su campo experimental del Ejido Nuevo León. Durante la primavera de 1998 en un Programa Piloto de Drenaje Parcelario el Gobierno del Estado de Baja California, el Gobierno Federal y los productores del valle de Mexicali, instalaron 4 predios con una superficie total de 59-00 has. En el año de 1999 se instalaron 1,000 ha de sistemas de drenaje agrícola subterráneos en el Distrito de Riego 014, Río Colorado, en los años posteriores se continuó con la instalación hasta alcanzar a la fecha una superficie de aproximadamente 4,500 ha, esto hace necesario realizar una evaluación del impacto que han tenido dichos sistemas en la producción agrícola y en los suelos, así como el estado actual de dichos sistemas.

2. INTRODUCCIÓN

La necesidad de elevar la producción de alimentos ha estado siempre presente en la historia moderna de nuestro país, debido a que la tasa de crecimiento poblacional ha sido considerablemente superior a la de la producción de alimentos básicos. Siendo la actividad agrícola el medio para producir estos satisfactores, es de primordial importancia la atención de los problemas que se presentan en sus procesos productivos, debe tenerse en cuenta que la agricultura de riego en nuestro país aporta la mayor parte de la producción agrícola pero es necesario hacer notar que el avance de la frontera agrícola relacionada con dicha actividad se ha visto muy reducido debido a los elevados costos que implica incorporar una nueva superficie al riego. Es precisamente este problema lo que hace necesario enfocar los esfuerzos hacia la recuperación de las áreas que, dotadas de infraestructura de riego, presentan una productividad baja o nula debido a los problemas relacionados principalmente con los mantos freáticos someros y la salinización progresiva de los suelos. La evaluación de los sistemas de drenaje es importante para verificar su impacto sobre la producción agrícola de manera inmediata y sobre el estado físico-químico de los suelos de manera complementaria. En este trabajo se describe la metodología desarrollada y adaptada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua para la evaluación y conservación de sistemas de drenaje subterráneo parcelario, en específico se efectúa una aplicación detallada de dicha metodología al estudio de caso del Distrito de Riego 014, Río Colorado, Baja California, México.

3. OBJETIVOS

- Evaluar el funcionamiento de sistemas de drenaje agrícola subterráneo en el Distrito de Riego 014, Río Colorado, Baja California, México.
- Análisis del estado de los materiales envolventes del sistema de drenaje.

4. METODOLOGÍA

El Distrito de Riego 014, Río Colorado, México, se encuentra localizado entre las coordenadas 31° 40' y 32° 42' de Latitud Norte y 114° 45' y 115° 40' de Longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich, tiene una superficie bruta de 327,020 ha y bajo riego de 196,423 ha. El clima, con base en la clasificación de Köepen modificada por Enriqueta García, es desértico, seco y extremoso BW (S) K (e). La temperatura máxima es de 49 °C y la mínima de -1 °C, la precipitación anual promedio es de 65 mm, con una evaporación promedio anual de 2,350 mm.

4.1. Recorridos de campo y elaboración de una base de datos

Con técnicos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Secretaría de Fomento Agropecuario del Estado de Baja California (SEFOA) y técnicos de módulos de riego, se realizaron recorridos de campo por parcelas en donde se habían instalado sistemas de drenaje subterráneo parcelario. Se recopiló información referente a los proyectos de drenaje instalados en el Distrito de Riego 014, Río Colorado; con la finalidad organizarla se procede a realizar una base de datos geográfica.

i) Base de datos geográfica.

La base de datos geográfica se realizará mediante un sistema de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés), que consiste es un sistema asistido por computadora para la adquisición, almacenamiento, análisis y presentación visual de datos geográficos. Su característica principal a diferencia de otros programas informáticos, es su capacidad para realizar análisis espaciales y geográficos (Figura 1 y Cuadro 1).

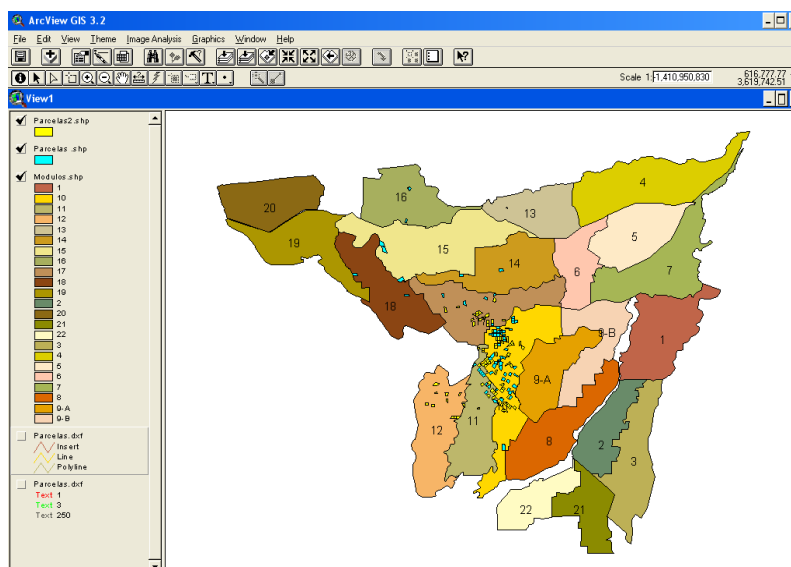


Figura 1. Base de datos con información de Módulos y parcelas.

Cuadro 1. Superficie con drenaje subterráneo parcelario en el Distrito de Riego 014, Río Colorado.

Año	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2006	2007	Total (ha)
Área (ha)	59.0	423.6	768.5	728.7	326.7	263.2	445.2	149.9	318.5	3,483.3

4.2. Estimación de la conductividad hidráulica a saturación

Es la facilidad con que el suelo permite el paso del agua a través de él, y está representado por el volumen de agua que escurre a través de un área unitaria de un acuífero, bajo un gradiente unitario por una unidad de tiempo.

Para calcular el espaciamiento y evaluación entre drenes, se debe conocer el valor de la conductividad hidráulica a saturación, que es un indicador de la velocidad con la que el agua se mueve en el suelo. Para medir esta variable se utilizó el método del pozo barrenado, la conductividad hidráulica se calcula mediante la fórmula de Ernst (Ritzema, 1994), Cuadro 2.

Cuadro 2. Valores de conductividad hidráulica a saturación.

Módulo de Riego	Lote o parcela	Ejido o Colonia	Ks (m/día)
10	Parcela 152	Ejido Nuevo León	0.67
10	Parcela 152 Fracc. Este	Ejido Nuevo León	0.78
10	Parcela 78	Ejido Guerrero	0.34
10	Parcela 86	Ejido Guerrero	0.60

4.3. Excavación de fosas agrológicas

Parcela 36 del ejido Oaxaca

El sitio se encuentra en una llanura, con relieve menor de 1%, de forma ligeramente inclinada del sur al norte, tiene microrelieve de protuberancias de 5 a 10 cm de altura, el material parental es aluvial con un grado de desarrollo pedológico incipiente. Se observan pequeñas costras de color blanco que evidencian una salinidad aparente menor del 1% en la zona agrícola.

En el perfil del suelo se presentan cuatro horizontes muy poco diferenciados por el color, que en húmedo esta en la categoría del café amarillento oscuro, el primer horizonte se observa suelto en seco, pero a mayor profundidad los agregados del suelo son más definidos y en general tienen una mayor resistencia al grado de deformación, como se observa en la descripción de horizontes que se presenta a continuación (Figuras 2a y 2b).



(a) Panorámica del sitio



(b) Perfil del suelo

Figura 2. Panorámica y perfil del suelo de la parcela 36 Ejido Oaxaca, Módulo de Riego No. 10.

4.4. Evaluación agronómica

La evaluación agronómica nos permite determinar cualitativamente si la separación entre drenes esta funcionando con base en el de diseño; para lo cual se observa el desarrollo del cultivo y si en la parte central de dos drenes subterráneos el tamaño de las plantas es menor que el tamaño de las plantas sobre el dren; entonces podemos inferir que la separación entre drenes no es correcta. De las 72 parcelas evaluadas agronómicamente 59 (82%) estas funcionando muy bien, en proceso de recuperación se encuentra 11 (15%) parcelas (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Parcela con problemas de sodio.



Figura 4. Parcela recuperada.

4.5. Medición de gastos en las descargas de los sistemas de drenaje

La medición de las descargas en los sistemas de drenaje subterráneo parcelario permite determinar si dichos sistemas están funcionando de acuerdo a diseño, para lo cual se debe siempre verificar en cada riego si es que se esta evacuando agua, si no sucediera esto, se tendría que buscar la causa como por ejemplo si hay o no raíces o presenta azolves o minerales que impiden el buen funcionamiento de dichos sistemas (Figura 5).

De las 157 descargas encontradas, 98 están en buenas condiciones, 36 se encuentran destruidas y 60 enmontadas; no se encontraron 15 descargas.



Figura 5. Medición del gasto en colectores.

4.6. Análisis de los materiales envolventes de los sistemas instalados

Para realizar el análisis de los materiales envolventes en los sistemas de drenaje subterráneo parcelario, se hace lo siguiente: i) replantear el sistema de drenaje con base en el plano de diseño, se procede a excavar hasta encontrar la tubería, se le práctica una incisión de 10 cm de ancho por 20 cm de largo, se quita la tapa y se observa en el interior (Figura 6).

a) Sedimentación, se ha encontrado en algunos sistemas de drenaje azolvamiento por sedimentación hasta en un 75% de la capacidad de la tubería, específicamente en suelos que tienen mucho limo y arena fina; generalmente se encuentran en los módulos 10 y 11 (Figura 6a).

b) Minerales de Fe y Mn, se ha encontrado laminillas de Fe y Mn de un mm de espesor tanto en los drenes en el centro de la parcela como en los colectores parcelarios en la descarga, de un total de 172 parcelas evaluadas 5 tenían estos problemas (Figura 6b).

c) Raíces, se han encontrado en 10 parcelas y específicamente cuando los colectores descargan en los drenes a cielo abierto están llenos de maleza y arbustos (Figura 6c).



(a)



(b)



(c)

Figura 6. Análisis de los materiales envolventes.

4.7. Cálculo de indicadores para detectar el estado químico del agua drenada

Con un equipo portátil se determinó la conductividad eléctrica (CE) y pH del agua drenada de 45 parcelas, los valores de CE varían de 1.02 a 27.4 dS/m, el máximo valor tiene un grado de salinidad muy similar al agua de mar, el valor del agua de canal Nuevo Delta es de 1.32 dS/m, se clasifica como de regular aceptación para riego. La alta salinidad detectada manifiesta que los suelos se encuentran en proceso de lavado de sales.

4.8. Funcionamiento de los sistemas de drenaje

a) Drenaje superficial. Los colectores parcelarios descargan a los drenes a cielo abierto, dichos drenes falta realizar mantenimiento para que los sistemas de drenaje subterráneo funcionen eficientemente. Los pobladores de los Ejidos consideran los drenes a cielo abierto basurero, además no limpian aunque sea su descarga (Figura 7).



Figura 7. Colector deteriorado.

b) Drenaje subterráneo. se ha encontrado lo siguiente:

- De las 72 parcelas evaluadas agrónomicamente 59 (82%) están funcionando muy bien, en proceso de recuperación se encuentra 11 (15%) parcelas; de las 157 descargas encontradas, 98 están en buenas condiciones, 36 se encuentran destruidas y 60 enmontadas.
- Diseño de los sistemas de drenaje subterráneo, básicamente en lo referente al diseño de filtros basados con base en la curva granulométrica y se recomienda un filtro de geotextil de 400 micras y la profundidad de los sistemas a 1.2 m en promedio. La tubería en algunos casos tiene hasta un 75 % de sedimentación, minerales de Fe y Mn e invasión de raíces, por lo que se recomienda adquirir o comprar el equipo idóneo para realizar el mantenimiento de dichos sistemas. La sedimentación en los sistemas de drenaje se presenta en suelos con limo o arena fina (Figura 8), en suelos franco arcillosos o arcillosos no presentan azolvamiento (Figura 9).



Figura 8. Estado de la tubería de drenaje subterráneo de la parcela 36 Ejido Oaxaca



Figura 9. Dren parcelario en el Lote 45-47 Módulo de Riego No. 15.

5. CONCLUSIONES

Se describe la metodología desarrollada y adoptada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) para la evaluación del funcionamiento y conservación de sistemas de drenaje subterráneo parcelario. La metodología contempla la determinación del grado de azolve, minerales y raíces que tienen dichos sistemas y el equipo necesario para su conservación. Se presenta una aplicación detallada de la metodología al estudio de caso del Distrito de Riego 014, Río Colorado, Baja California, México.

Las conclusiones relevantes son:

1. De las 72 parcelas evaluadas agrónomicamente 59 (82%) estas funcionando muy bien, en proceso de recuperación se encuentra 11 (15%) parcelas; de las 157 descargas encontradas, 98 están en buenas condiciones, 36 se encuentran destruidas y 60 enmontadas;
2. El máximo gasto medido fue de 10 l/s y el mínimo de 0.18 l/s, la cantidad de sales que se extrae en estas condiciones es de 7.38 ton/día y de 0.02 ton/día, respectivamente;
3. En lo referente al diseño de filtros basados con base en la curva granulométrica y se recomienda un filtro de geotextil de 400 micras y la profundidad de los sistemas a 1.2 m en promedio;
4. La tubería en algunos casos tiene hasta un 75% de sedimentación, minerales de Fe y Mn e invasión de raíces, por lo que se recomienda adquirir el equipo idóneo para realizar el mantenimiento de dichos sistemas.

6. BIBLIOGRAFIA

- Hooghoudt, S. B., 1940. *Bijdrage tot de kennis van enige natuurkundige grootheden van den grond*. No. 7. *Verslag Landbouwk. Onderzoek* 46: 515-707. The Hague.
- Ridder, N.A. 1974. *Design and Management of Drainage Systems*. Vol. IV, Publ.16, Drainage Principles and applications, Wageningen.
- Volobuyev, V. R., 1966. Investigation of salt extraction of soils by the method of washing monoliths. Dokl. Akad. Nauk acerb. SSR. Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla. 26: 12-22. (Soils Dep. Subtropical Exp. Stn. Homes-Tead, Florida, USA).