

Supervisión de la instalación y evaluación del funcionamiento de sistemas de drenaje subterráneo parcelario

Supervision of the installation and performance evaluation of subsurface land drainage system

José Rodolfo Namuche Vargas¹, Eduardo Pérez Estrada², Jesús A. Flores López², Rafael Torres Rubalcaba³ y Arturo Jiménez Trejo³

RESUMEN. Se describe la metodología desarrollada y adoptada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) para la supervisión de la instalación y evaluación del funcionamiento de sistemas de drenaje subterráneo parcelario. Se determina el grado de azolve, minerales y raíces que tienen dichos sistemas, así como el equipo necesario para su mantenimiento. Se presenta una aplicación detallada de un estudio de caso del distrito de riego 014 Río Colorado, Baja California, México. Dentro de los resultados relevantes son: i) se verificó la pendiente en colectores y líneas de drenaje, de las cuales solo una línea no cumplía con los lineamientos de verificación de sistemas de drenaje, ii) de las 72 parcelas evaluadas agrónomicamente 59 (82%) estas funcionando muy bien, en proceso de recuperación se encuentran 11 (15%) parcelas; iii) de las 157 descargas encontradas, 98 están en buenas condiciones, 36 se encuentran destruidas y 60 enmontadas; iv) el máximo gasto medido fue de 10 l/s, la cantidad de sales que se extrae en estas condiciones es de 7.38 ton/día, v) 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; vi) la tubería en algunos casos tiene hasta un 75 % de sedimentación, presencia de minerales de Fe y Mn de 1 mm de espesor e invasión de raíces hasta un 100%.

Palabras clave: diseño agrónomico, filtros y profundidad drenaje, verificación pendiente colectores.

ABSTRACT. In this paper is describing a methodological procedure developed and adopted by the Mexican Institute for Water Technology (IMTA) to supervise the quality of installation and to evaluate the performance of subsurface land drainage systems. It was determined the degree of sedimentation inside the pipes by minerals particles and roots and also the equipments needed for their maintenance. It is presented a detail explanation of a case study of irrigation district 014 of Rio Colorado in Baja California, Mexico. The more important results were: i) it was verified the slope in collectors and drainage lines, from which only one do not fulfill the requirements pointed out by the standards of drainage systems; ii) from 72 fields evaluated from an agronomical point of view, 59 fields (82%) are working well and 11 fields (15%) are in recuperation process; iii) from 157 point of discharges evaluated, 98 are in good conditions, 36 discharges are destroyed and 60 discharges are below the required level in the discharge channel; iv) the maximum measured flow was 10l/s, the amount of soil salts that are extracted in this conditions was calculated at 7,38 t/day; v) the subsurface land drainage systems designs, basically related to the filters design was based in the soil granulometric curve, but according with the results showed in this inspection it is recommended a geotextile filter of 400 micras and a system depth above 1,2m as average; vi) the pipe in some cases has a 75% of sedimentation, presence of Fe y Mn minerals of 1mm of depth and root invasion until 100%.

Keywords: agronomical design, filters and drainage depth, collectors slope verify.

1 Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-México

2 Comisión Nacional del Agua de la Península de Baja California-México

3 Secretaría de Fomento Agropecuario del Estado de Baja California-México

E-mail: rnamuche@tlaloc.imta.mx

Recibido 19/04/10, aprobado 15/05/11, trabajo 03/11, investigación.

INTRODUCCIÓN

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) ha desarrollado a lo largo del país investigación y tecnologías eficientes que permiten superar la problemática asociada a los excesos de agua en los terrenos productivos, y detener la degradación de los recursos agua y suelo.

En el año 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 subterráneos en el distrito de riego 076 Valle del Carrizo, 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.

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 4,000 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.

El desarrollo de una región solo puede crecer a través de las personas que la integran y una vía de crecimiento para ellas se encuentra en la capacitación y el aprendizaje. Se sabe que la efectividad de las acciones de un equipo de trabajo (independiente del área específica de trabajo), dependerá de la forma como cada miembro de su grupo realice el trabajo y lo integre con el resto del proceso productivo.

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 satisfactoriamente, 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 supervisión de la instalación y evaluación del funcionamiento de sistemas de drenaje subterráneo parcelario, en específico se efectúa una aplicación detallada a un estudio de caso para el distrito de riego 014 Río Colorado, Baja California, México.

Los objetivos de este trabajo son por tanto:

Supervisión de la instalación de sistemas de drenaje subterráneo parcelario en el Distrito de Riego 014 Río Colorado, B.C.

Evaluación del funcionamiento de sistemas de drenaje subterráneo parcelario en el Distrito de Riego 014 Río Colorado, B.C.

Análisis del estado de los materiales envolventes del sistema de drenaje.

METODOLOGÍA ADOPTADA Y RESULTADOS DE SU APLICACIÓN

El Distrito de Riego 014 Río Colorado, B.C., 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 extremo 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.

Recorridos de campo y elaboración de una base de datos

Con técnicos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Secretaría de Fomento Agropecuario (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 B.C.; 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 (Tabla 1 y Figura 1).

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

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	3,483.4

Supervisión de la instalación de sistemas de drenaje subterráneo parcelario

Trazo en campo

El trazo de campo se realizará de acuerdo con el diseño propuesto para el sistema de drenaje. En sistemas compuestos de drenes laterales y colectores entubados, el trazo consta de las siguientes fases:

A) Localización de las descargas en planta y en perfil

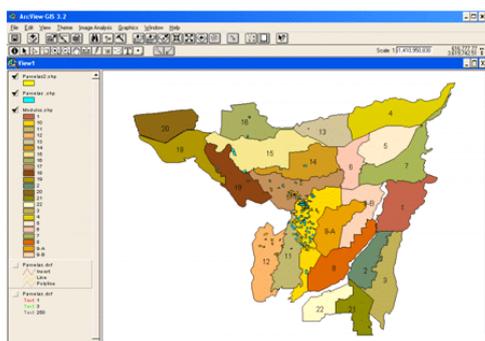


FIGURA 1. Base de datos con información de Módulos y parcelas.

- B) Trazo de colectores
- C) Trazo de los drenes laterales

A). Localización de las descargas en planta y en perfil

Ubicar un banco de nivel específico para el proyecto. Localizar en el dren a cielo abierto la ubicación de la descarga del colector (Figura 2), utilizando el banco de nivel o una estructura.



FIGURA 2. Localización de la descarga del colector.

Verificar la cota de la plantilla y el nivel máximo del agua en el dren a cielo abierto, para asegurar la descarga libre del colector.

Detectar si existe algún obstáculo que impida la instalación.

Verificar que el colector se instale a la elevación topográfica indicada en el plano detallado de diseño.

B) Trazo de colectores

Ubicar el punto de referencia del colector, esto es el punto a partir del cual se ha diseñado detalladamente el sistema de drenaje. Este punto se localiza mediante una distancia medida a partir de un banco de nivel (trompo) ubicado en un vértice de la poligonal del lindero de la parcela.

Se marca la distancia entre el punto de referencia y la descarga en el dren a cielo abierto, en este tramo la pendiente del colector debe ser la de diseño.

Señalar en el terreno la ubicación del colector de acuerdo a diseño.

Verificar el trazo topográfico del colector y sus profundidades.

Correr una nivelación sobre el eje del colector, señalando puntos a intervalos de 50 m con una estaca o bandera.

Además, es indispensable marcar los puntos donde haya cambios de pendiente del colector de acuerdo al diseño. Se deben señalar también los sitios de intercepción con los laterales, considerando el espaciamiento entre drenes conforme a diseño

C). Trazo de los drenes laterales

Localizar la intersección del lateral con el colector de acuerdo con el plano de diseño, posicionando en ella el aparato utilizado (nivel topográfico o tránsito).

Señalar en el terreno la ubicación del lateral de acuerdo a diseño (Figura 3).



FIGURA 3. Trazo de drenes.

Correr una nivelación sobre el eje del lateral, señalando puntos a intervalos de cada 50 m con una estaca o banderita. Además, es indispensable marcar los puntos donde haya cambios de pendiente en el lateral de acuerdo al diseño.

Después de realizar el trazo en campo del sistema de drenaje, puede ser necesario realizar modificaciones leves al diseño original. Estos cambios deben consultarse, aprobarse y validarse por la oficina de ingeniería de riego y drenaje del distrito de riego correspondiente.

Una vez validados los cambios, se levantará una acta técnica donde se asienten las modificaciones al diseño original, conforme al nuevo trazo. Por tanto, deberán actualizarse los archivos correspondientes a efecto de que posteriormente se utilicen con propósitos de mantenimiento, conservación y supervisión del sistema de drenaje.

C) instalación:

Se proporcionará al operador de la máquina instaladora una copia del plano de diseño detallado del sistema de drenaje donde se indiquen los cambios de diámetro y pendiente, las conexiones:

Se revisará la tubería y accesorios, así como, el equipo laser con la pendiente de diseño (Figura 4)



FIGURA 4. Tubería de 4" ranurada y con filtro y de 6" sin ranurar.

- Se instalarán primero los colectores y después los laterales. En ambos casos la instalación se inicia por la descarga.
- Para conectar un lateral al colector se debe hacer una fosa utilizando una retroexcavadora, teniendo mucho cuidado de no averiar o romper la tubería durante esta operación.
- Se cuidará que la base de la zanjadora o del "arado de drenaje" quede colocada a la elevación de diseño
- Durante la instalación la máquina deberá seguir en lo posible una línea recta
- La instalación se suspende temporalmente solo cuando se tengan cambios en el diámetro, en la dirección de la tubería o un cambio fuerte en la pendiente para hacer los ajustes necesarios. Un dispositivo que va midiendo la longitud instalada de la tubería le permite al operador saber cuándo debe detenerse para hacer cualquiera de estos cambios
- Se debe parar la máquina antes de terminar de instalar la tubería de drenaje, para cortarla y poner el tapón
- Para evitar el derrumbe de las paredes de la trinchera se recomienda terminar la instalación de tramos de dren o colector en el mismo día que se inician
Durante el proceso de instalación se llevó a cabo lo manifestado en los párrafos anteriores donde la empresa encargada de la instalación cumple de manera muy aceptable y se dio instrucciones al encargado de la empresa para que realice algunas mejoras, con la finalidad de que los sistemas operen más eficientes.
Las conexiones T de una línea de dren a un colector parcelario debe realizarse como mínimo a cinco cm de la rasante del colector, aunque es aceptable si se conecta a la cota de la rasante del colector siempre y cuando la línea del dren tenga buena pendiente. Se dio la instrucción a la empresa y se procedió a implementarla de ahí en adelante en el resto de la instalación de los sistemas de drenaje.
Otra mejora que se instruyó durante la supervisión a la empresa encargada de la instalación de los sistemas de drenaje subterráneo es que el conector abierto debe cerrar completamente la unión de los tramos, ya sea de línea de dren o colectores parcelarios, porque de lo contrario puede acelerar la sedimentación de la tubería. Puede quedar sin cerrar completamente siempre y cuando se

tenga filtro de goetextil o el suelo presente textura con más del 30% de arcilla, o de lo contrario sellarlo con cinta adhesiva especial para drenaje.

Se recomendó al operador de la maquinaria y equipo, que durante el proceso de la instalación verificara, además del control automático, el control manual de la pendiente con la finalidad de obtener mejores resultados en la instalación (Figura 5).



FIGURA 5. Control manual de la pendiente.

Evaluación del funcionamiento de sistemas de drenaje subterráneo parcelario en el Distrito de Riego 014 Río Colorado, B.C.

El funcionamiento no satisfactorio del sistema de drenaje se manifiesta cuando no existe, o es muy pequeño el flujo en la descarga, los mantos freáticos no descienden al nivel esperado, persisten los síntomas de salinidad en el suelo, o el desarrollo de los cultivos no es adecuado. Algunas causas del mal funcionamiento pueden ser:

- a) Espaciamiento entre drenes muy grande.
- b) Profundidad insuficiente del dren.
- c) Selección inadecuada del filtro que propicia su taponamiento con partículas de suelo, con la consecuente pérdida de la capacidad de dejar pasar el agua.
- d) Obstrucción de drenes laterales o colectores parcelarios, como resultado de:
 - Aplastamiento de la tubería de drenaje
 - Acumulación de sedimentos o depósitos bioquímicos.
 - Instalación defectuosa de las conexiones.
 - Uso de tubería dañada por intemperismo o mal manejo.
 - Entrada de suelo al tubo durante el proceso de construcción.
 - Filtros que permiten la entrada de muchas partículas de suelo a los tubos.
 - Fracturas en los tubos o en los filtros.
 - Pendiente de la tubería insuficiente o contrapendientes, que propician la acumulación de azolves.
 - Cambios bruscos en la dirección de los tubos que propician azolvamiento.
 - Bloqueo en la descarga del drenaje.

e) Subestimación del módulo de drenaje que da lugar a la selección de un diámetro insuficiente de drenes laterales o colectores.

f) Presencia de un manto freático suspendido debido a capas de suelo someras de baja permeabilidad (ejemplo, piso de arado).

Las mediciones de gastos en las descargas para evaluar el funcionamiento de los sistemas de drenaje entubado en grandes extensiones, deben realizarse por lo menos, dos veces por año. Este caudal debe aumentar después de un riego o una lluvia; si esto no sucede, entonces el sistema de drenaje no está funcionando adecuadamente en algunas partes.

Es conveniente que, en las zonas donde se han instalado sistemas de drenaje, se continúen los estudios freáticos que permitan verificar el funcionamiento de los mismos. Cuando no existan pozos de observación permanentes, se deben realizar barrenaciones temporales para conocer la posición del manto freático.

La presencia de niveles freáticos elevados puede también detectarse por la apariencia y el color de la superficie del suelo. El manto freático está elevado si la superficie se ve oscura y húmeda; esto debe verificarse mediante una excavación de al menos 30 cm. El nivel freático somero, también está asociado con el crecimiento de vegetación.

La existencia de zonas hundidas y húmedas también puede ser un indicador de que el drenaje no está trabajando adecuadamente. Estos hundimientos deben rellenarse y, si se repiten, debe investigarse la causa del problema para corregirla.

En algunos drenes, inmediatamente después de su construcción aparece una señal de funcionamiento

inadecuado que se revela cuando no sacan agua estando los niveles freáticos elevados. Esto significará que los materiales empleados estaban defectuosos o que la instalación fue incorrecta debido por ejemplo, a ondulaciones, contrapendientes o aplastamientos de la tubería.

Para identificar los tramos de tubería que no funcionan adecuadamente se requiere obtener medidas de la profundidad del nivel freático y observar el nivel del agua en los drenes, lo cual, a su vez, requiere de excavaciones para identificar la causa precisa del funcionamiento inadecuado. Estos tramos deberán reconstruirse.

Cuando los drenes funcionan bien inmediatamente después de su construcción, pero dejan de hacerlo cierto tiempo después, pueden indicar que existen taponamientos, los cuales pueden ser en algunos casos eliminados mediante el empleo de chorros de agua a presión.

Para la verificación de la pendiente se escogen al azar líneas de drenes o colectores parcelarios. Con una retroexcavadora de llantas se excava en varios lugares hasta localizar las líneas de drenes o colectores parcelarios teniendo cuidado de no romper la tubería. Posteriormente con un estadal y nivel se sacan cotas de terreno, sobre la tubería y la rasante donde asienta la tubería. Se gráfica para mostrar como quedó en forma definitiva la pendiente de las líneas de dren o colector parcelario (Figuras 6, 7 y 8).



FIGURA 6. Verificación de la pendiente.

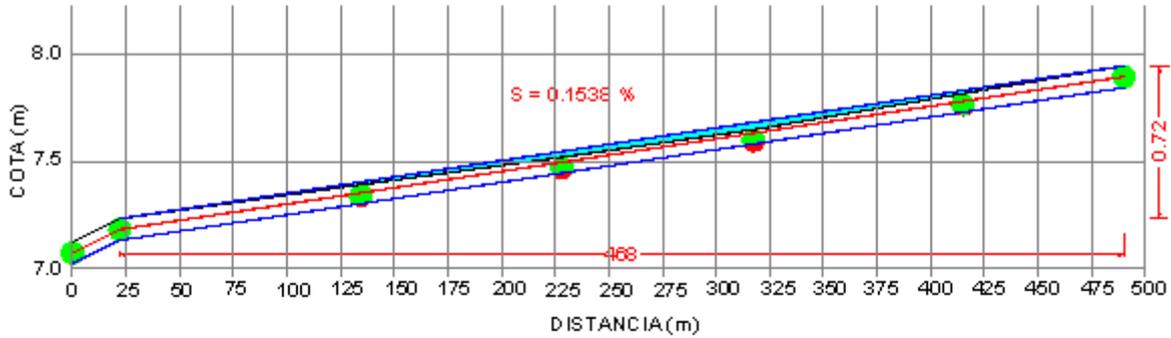


FIGURA 7. Perfil del colector.

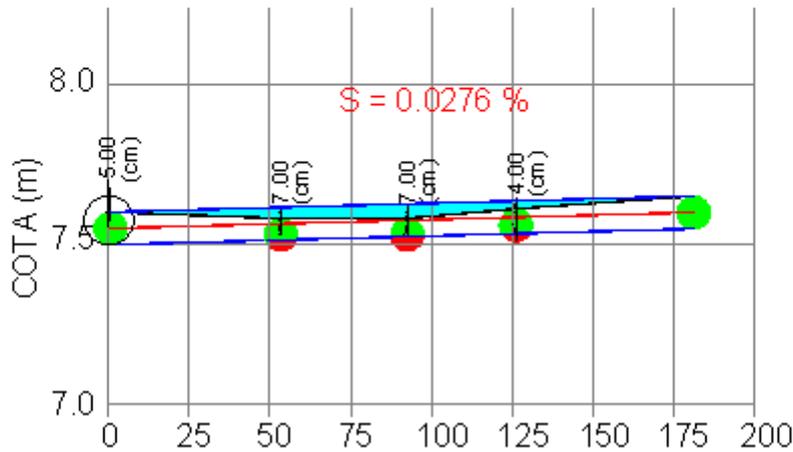


FIGURA 8. Perfil de una línea.

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), Tabla 2.

TABLA 2. Valores de conductividad hidráulica a saturación

Módulo	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

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 9 y 10).



FIGURA 9. Parcela con problemas de sodio.



FIGURA 10. Parcela recuperada.

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

está 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 11).



FIGURA 11. Medición del gasto en colector.

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

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 practica una incisión de 10 cm de ancho por 20 cm de largo, se quita la tapa y se observa en el interior (Figura 12).

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 12a).

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 parcelario en la descarga, de un total de 172 parcelas evaluadas 5 tenían estos problemas (Figura 12b).

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 12c).



Figura 12. Análisis de los materiales envolventes.

CONCLUSIONES GENERALES

La metodología desarrollada y adoptada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) para la supervisión de la instalación y evaluación del funcionamiento de sistemas de drenaje subterráneo parcelario contempla fundamentalmente la verificación de la pendiente, determinación del grado de azolve, minerales y raíces que tienen dichos sistemas y el equipo necesario para su conservación.

La aplicación de la metodología al estudio de caso del distrito de riego 014 Río Colorado, Baja California, México, mostró como resultados relevantes los siguientes:

- i) se verificó la pendiente en dos colectores y en cinco líneas de drenaje, de las cuales solo una línea no cumplía con los lineamientos de verificación de sistemas de drenaje y se instruyó para que se instale nuevamente,
- ii) de las 72 parcelas evaluadas agrónomicamente 59 (82%) estas funcionando muy bien, en proceso de recuperación se encuentra 11 (15%) parcelas;

iii) de las 157 descargas encontradas, 98 están en buenas condiciones, 36 se encuentran destruidas y 60 enmontadas;

iv) 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;

v) se definió el 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;

vi) se demuestra que 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.

Agradecimientos:

Profesor Raúl Galicia Flores, Presidente del Módulo de Riego No. 10 A.C.

Ing. Heriberto Montoya, Gerente del módulo 10

C. Guadalupe Díaz Rivera, Topógrafo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FAO: Material of subsurface Land Drainage Systems- FAO Irrigation and Drainage paper 60, FAO, Rome, Italy, 2000.
- HOOGHOUTD, S. B.: "Bijdrage tot de kennis van enige natuurkundige grootheden van den grond. No. 7", The Hague, *Verslag Landbouwk, Onderzoek* 46: 515-707, 1940.
- PIZARRO, F.: Drenaje Agrícola y recuperación de suelos salinos. Ed. Agrícola Española, España, 1985.
- RIDDER, N.A.: *Design and Management of Drainage Systems*. Vol.IV, Publ.16, Drainage Principles and applications, Wageningen, 1974.
- VAN DER MOLEN, W. H: J. MARTÍNEZ and W.J. OCHS: *Guidelines and computer programs for the planning and design of land drainage systems*. FAO Irrigation and Drainage Paper, No 62, FAO, Rome, Italy, 2007.
- VOLOBUYEV, V. R.: *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). 1966.