



LA IMPORTANCIA DE LA INGENIERIA DE RIEGO Y DRENAJE EN EL USO SUSTENTABLE DEL AGUA EN LOS DISTRITOS DE RIEGO

Marco Antonio González Vázquez¹

¹Consultor Independiente. Los Mochis, Sinaloa, México

cenatryd@yahoo.com (*Autor de correspondencia)

Resumen

La Ingeniería de Riego y Drenaje (IDRYD) integra diversas actividades tales como: el muestreo y análisis de suelo y agua; estimación de variables relacionadas con el manejo eficiente del riego y drenaje; estimación del balance de sales para la aplicación de acciones de prevención y combate del ensalitramiento de suelos; Establecimiento y monitoreo de pozos de observación de niveles freáticos; Asesoría técnica y supervisión de campo para instalación y seguimiento de proyectos de riego y drenaje parcelario; Experimentación en campo para estimación de usos consuntivos y técnicas de aplicación eficiente del riego; Determinación de calendarios teóricos y empíricos de riego. Estas actividades se realizaban por parte de los Distritos de Riego hasta antes de 1990 a través de un Departamento de Riego y Drenaje y se han ido eliminándose paulatinamente a partir de la Transferencia de Distritos de Riego a los usuarios. Además, dichas actividades no son atendidas por CONAGUA y las Asociaciones Civiles de Usuarios ya no las contemplan explícitamente en su organización. En este trabajo se presenta la problemática del riego y drenaje en los distritos de riego y se analizan soluciones inmediatas y sistematizadas, para robustecer la importancia del Departamento de Ingeniería de Riego y Drenaje con la incorporación de nuevas tecnologías para el monitoreo y seguimiento del riego y drenaje, así como la importancia de los análisis de suelo y agua, del personal requerido para ejecución de las actividades de campo que se demandan y que se han perdido en el desarrollo de los distritos de riego.

Palabras claves: Riego eficiente, gestión de zonas de riego, agricultura de riego.



Introducción

El agua es un recurso natural básico para fomentar el desarrollo sustentable de las naciones. El líquido es necesario para satisfacer necesidades básicas de las personas, tales como de hidratación y de higiene, además de ser necesario para la integridad y sustentabilidad de los ecosistemas. El agua también es necesaria para la producción de muchos bienes industriales y para la producción de alimentos.

La gestión del agua es complicada, Por ser un recurso renovable, pero con demanda en aumento creciente los conflictos entre usos y usuarios son riesgos latentes. El agua renovable definida como agua que es factible explotar de manera sustentable en una región es variable en tiempo y espacio y esto conlleva a que los problemas que se presenten deben ser analizados y atendidos a escala local.

La legislación vigente en México referente al agua se establece en La Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento. La Ley indica que para el uso, explotación y aprovechamiento de aguas nacionales se requiere título de concesión o asignación. El título de concesión se otorga a particulares y puede transmitirse a terceros. El título de asignación se otorga a organismos públicos para que proporcionen servicios públicos como es el de agua potable y no puede transmitirse a terceros. Los dos tipos de títulos deben registrarse en el registro público de derechos de agua (REPDA).

En México se dispone de 451 585 millones de m³ de agua renovable. Los usos del agua se clasifican como consuntivos y no consuntivos. Para usos consuntivos se tienen al 31 de diciembre de 2017 concesionados 87842 millones de m³, correspondiendo 66799 al uso agropecuario lo que representa un 76% del total de los usos consuntivos. Las fuentes de abastecimiento de este volumen corresponden a agua superficial con 42 470 millones de m³ y agua subterránea con 24320 millones de m³.

La actividad agrícola de México se desarrolla bajo condiciones de temporal o secano en poco más de 14 millones de has., temporal tecnificado en 2.8 millones de has y riego en 7.2 millones de has. Para el año 2016 la productividad obtenida de los cultivos bajo riego fue de 1.9 a 3.4 veces de la obtenida bajo condiciones de temporal. La agricultura de Riego aporta el 58% de la producción nacional.

La agricultura de riego en México se desarrolla en dos esquemas generales que son el de grande irrigación o Distritos de Riego (DR) y el de pequeña irrigación denominado como Unidades de Riego para el desarrollo rural (URDERALES). En estos esquemas se integra una superficie bajo riego de 7 200 000 has distribuidas en 86 DR con 3 300 000 has y más de 40 000 URDERALES reconocidas oficialmente con 3 900 000 has. Las actividades de Ingeniería de Riego y Drenaje no se realizan de manera sistematizada en ninguno de los esquemas mencionados lo que conlleva a carencia o insuficiencia de información generada in situ y requerida para coadyuvar a la sustentabilidad de los recursos agua y suelo, incrementar la eficiencia de uso del agua, así como la productividad de estos recursos.

México, ocupa el sexto lugar a nivel mundial en infraestructura de riego con 6.5 millones de hectáreas irrigadas (CONAGUA, 2016) y la agricultura de riego es uno de los principales motores para su desarrollo económico al aportar el 51% de la producción agrícola nacional y el 70% de las exportaciones sectoriales. En este sentido destaca la aportación de los 86 Distritos de Riego y 46 924 Unidades de Riego para el desarrollo rural, que contribuyen para el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del medio rural. Es importante mencionar que en proceso de validación se encuentran 700 000 has más en Unidades de Riego, por lo que la superficie irrigada puede incrementarse a 7.2 millones de has.

La información disponible en DR (CONAGUA, 2016) indica que la productividad del agua en Kg de cosecha por metro cubico de agua utilizado se ha incrementado de 1.52 en 2006 a 1.85 en 2016. La estimación es que esta puede aumentar con acciones de rehabilitación de red de conducción y distribución, tecnificación del riego y recuperación de áreas ensalitradas a 2,10 Kg/m³.

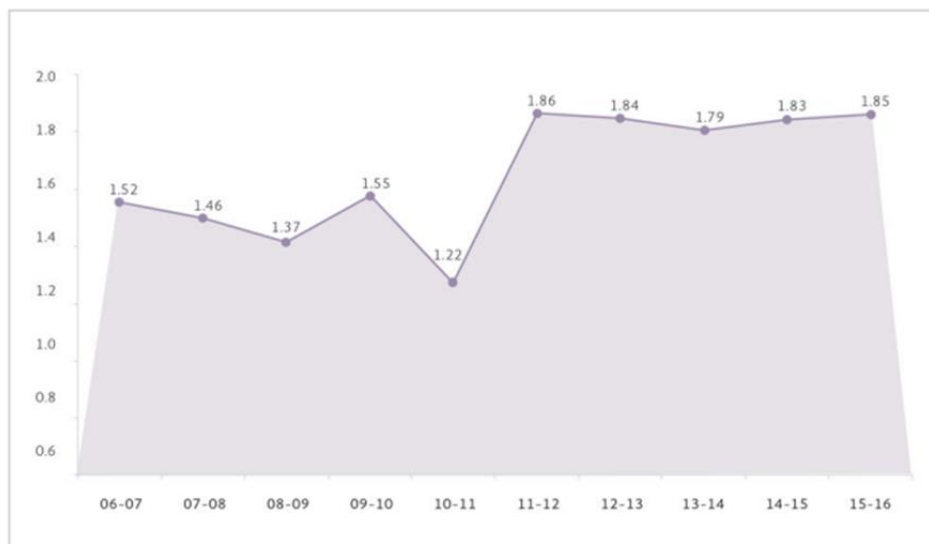


Figura 1. Evolución de productividad del agua.

La ingeniería de riego y drenaje y su importancia para el uso sustentable del agua en los Distritos de Riego.

Baroccio (2000) indica que la sustentabilidad de un DR se manifiesta de manera satisfactoria cuando se establecen condiciones sociales y económicas favorables y la gestión técnica desarrollada con acciones de operación, conservación e ingeniería de riego y drenaje propicie condiciones permanentes de apoyo a la producción agrícola.

El uso sustentable del agua implica una gestión eficiente, racional e integral, minimizando la contaminación ambiental y evitando la sobreexplotación, para que las generaciones futuras también tengan la capacidad de satisfacer sus necesidades básicas.

Materiales y Métodos

La metodología para el manejo y control de la salinidad de los suelos consiste en cinco etapas: **evaluación de las condiciones de salinidad, identificación de las causas que favorecen la salinización** de los suelos, jerarquización de causas, aplicación de medidas correctivas y evaluación de los efectos de las medidas correctivas aplicadas. Se determinó que las causas que favorecen la salinidad son el material parental; la calidad del agua de riego; la fisiografía y topografía; el uso de métodos de riego ineficientes; las pérdidas de agua en la red de conducción; el deficiente mantenimiento de la red de drenaje; la ubicación y condiciones de descarga de drenes colectores, y la falta de capacitación a usuarios en el uso, manejo y conservación del agua de riego. En el estudio de caso se determinó que los factores más importantes son los métodos de riego ineficientes, las pérdidas de agua por conducción, las condiciones de topografía y la falta de capacitación de usuarios. La aplicación de la metodología permitió jerarquizar las causas de la salinidad.

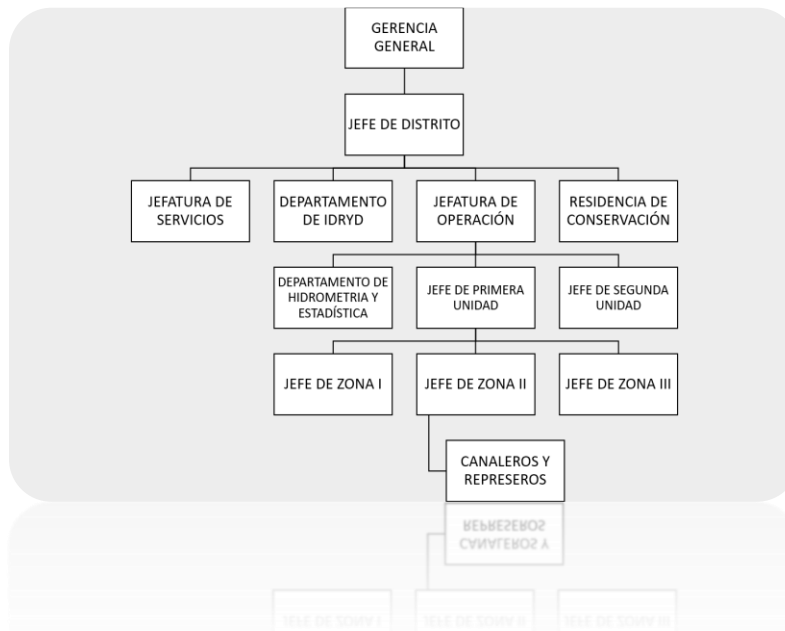


Figura 2. Gerencia general

La Ingeniería de Riego y Drenaje (IDRYD) integra actividades orientadas al uso sustentable del recurso hídrico tales como: 1. Muestreo de suelos y su análisis de laboratorio para la obtención de datos requeridos en el manejo técnico del riego y el drenaje y acciones preventivas, de combate y adaptación a los problemas detectados; 2. Determinación en campo de las variables relacionadas con la interacción agua-suelo-planta con el objetivo de establecer las acciones requeridas para la tecnificación del riego, así como para determinar necesidades de drenaje parcelario; 3. Muestreo de aguas y su análisis para definir su calidad agrícola, química, agronómica y edafológica y establecer condiciones de manejo en función de suelo, cultivo y clima, además de la obtención del balance de sales para su aplicación de acciones de prevención y combate del

ensalitramiento de suelos y su impacto nocivo en los rendimientos de los cultivos; 4.

Establecimiento y monitoreo de pozos de observación de niveles freáticos para la elaboración de planos en apoyo a ubicación de áreas con poca profundidad del manto freático y la dirección de corrientes subterráneas para definición de colocación y dirección de los drenes requeridos; 5. Asesoría técnica y supervisión de campo para instalación y seguimiento de proyectos de riego parcelario; 6. Experimentación en campo para obtención de usos consuntivos y definir los coeficientes locales para una estimación con fórmulas dependientes del clima; 7. Determinación de calendarios teóricos y empíricos de riego para los diferentes tipos de suelo de la región y, 8. Medición del agua de riego.

Estas actividades se realizaban por parte de los Distritos de Riego a través de un Departamento u oficina de ingeniería de Riego y Drenaje (**figura 2**) y se han ido abandonando paulatinamente a partir de la Transferencia de Distritos de Riego a los usuarios ya que en general no son atendidas por CONAGUA y las Asociaciones Civiles de Usuarios no las contemplan explícitamente en su organigrama.

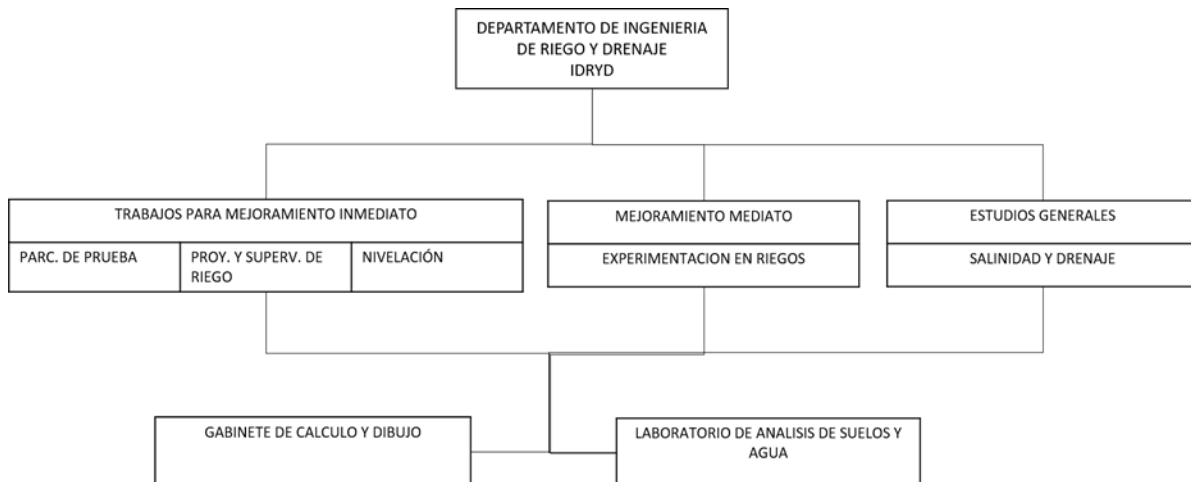


Figura 3. Organigrama del departamento de ingeniería de riego y drenaje (IDRYD)

Trabajos de mejoramiento inmediato.

El mejoramiento inmediato se refiere a aquellas acciones que son prioritarias, están suficientemente justificadas, no requieren de información adicional y se pueden ejecutar en corto plazo. La nivelación de terrenos para generar pendientes uniformes en apoyo a un mejor manejo de riego en campo, el muestreo y análisis de suelos para su caracterización con fines agrícolas y de riego, divulgación de métodos de riego y de dispositivos e instrumentos para un mejor control del agua aplicada a las parcelas, el uso de aparatos de estimación de humedad del suelo para determinar momento oportuno de riego, orientación apropiada de surcos y melgas de acuerdo con la topografía del terreno, elaborar recetas de riego que incluyeran el plano parcelario y sus tablas de riego con indicaciones practicas relativas a duración del riego por tabla, surco o melga, acciones

correctivas en caso de avances sin uniformidad (**figura 4**), y parcelas de prueba o demostrativas de prácticas de riego que conllevan a mayor eficiencia de aplicación del agua a la parcela. En DR del noroeste sustituir la práctica de abrir boca en canal para el riego de surcos y sustituirla por uso de sifones o pipas para su riego individual requirió de este tipo de difusión. (**figura 4**).



Figura 4. Riego por surcos (Sifones y apertura boca)

Es conveniente mencionar que las acciones de mejoramiento inmediato han sido retomadas parcialmente por CONAGUA e implementadas en coordinación con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Asociaciones de Usuarios de Riego y otras instituciones mediante un programa denominado Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT) que no ha logrado su inserción en las actividades de las ACUs en la magnitud requerida ya que para ello se requiere al menos 3 factores complementarios e interactuantes que son: Las actividades de asistencia y supervisión Técnica, la respuesta de los usuarios y regadores a la asesoría proporcionada por los Técnicos, y el involucramiento de los directivos con las actividades de asistencia y supervisión técnica (Herrera, 2017). Trabajos de campo financiados con este programa desarrollados en el DR063, localizado en el Estado de Sinaloa demostraron que es posible incrementar la eficiencia de aplicación del riego.



Figura 5. Métodos de riego presurizados.

Los sistemas de riego presurizados han tenido un incremento importante en los últimos años. Cuando su diseño es adecuado y se establecen en áreas compactas su impacto en ahorro de agua debido a elevadas eficiencias de aplicación genera perspectivas de incremento de superficie que puede regarse y aumentos importantes en la productividad del suelo y del agua. Rojas (2018) presenta información referente a eficiencias y ahorro de agua obtenidos con diferentes métodos de riego (figuras 5 y 6).



Figura 6. Ahorro de agua e incremento de rendimientos en relación con riego por gravedad tradicional.

Los trabajos de mejoramiento mediato son aquellos que se orientan a la obtención de información para incrementar la productividad de los recursos agua y suelo. Estos trabajos principalmente corresponden a trabajos de investigación y experimentación para determinar la relación entre volumen de agua utilizado en riego y los rendimientos de los cultivos, nivel de humedad del suelo óptimo para el riego, calendarización de riegos y determinación de momento oportuno de riegos con métodos basados en datos de suelos, cultivos y clima entre otros.

Trabajos de mejoramiento mediato.

Los trabajos de mejoramiento mediato son aquellos que se orientan a la obtención de información para incrementar la productividad de los recursos agua y suelo. Estos trabajos principalmente corresponden a trabajos de investigación y experimentación para determinar la relación entre volumen de agua utilizado en riego y los rendimientos de los cultivos, nivel de humedad del suelo óptimo para el riego, calendarización de riegos y determinación de momento oportuno de riegos con métodos basados en datos de suelos, cultivos y clima entre otros.



Estudios generales.

Los estudios generales de salinidad y drenaje son parte importante en la sustentabilidad de los Distritos de riego ya que ambos concentración excesiva de sales y mantos freáticos de poca profundidad generan condiciones desfavorables para el desarrollo normal de las plantas y afectan sus rendimientos.

Los estudios de salinidad

Las fuentes de sales solubles son minerales de la corteza terrestre, el océano, depósitos fósiles y otras como son tolveneras de suelos salinos, actividad microbiológica, descomposición de plantas halófitas, actividad humana... fertilización, contaminación industrial y por desechos domésticos. Cuando las sales se acumulan en concentraciones no tolerables por las plantas se ocasionan problemas para su germinación, crecimiento y rendimiento. De manera general la concentración elevada de sales, sodio intercambiable y elementos tóxicos se denomina genéricamente como ensalitramiento. Enfrentar los problemas de ensalitramiento implica la ejecución de estudios de los procesos que los originan y que estos deben complementarse con la identificación, caracterización, control, combate y medidas de adaptación de cultivos. (Aceves, 1978).

Los problemas de sales se presentan principalmente en zonas áridas y semiáridas, en áreas bajas o en depresiones topográficas. La salinización secundaria se presenta en DR y en el caso de México se estima que aproximadamente 350 000 has de los distritos de riego se encuentran con problemas de ensalitramiento lo que puede conllevar a una reducción de una magnitud de un 10% del potencial productivo de la superficie bajo riego en estos con efectos directos en los ingresos de los productores y en la seguridad alimentaria nacional.

Corwin y Brown (2004) indica que el muestreo, la medición, el mapeo y la evaluación son elementos cruciales para la sustentabilidad productiva de los recursos tierra y agua. Los parámetros para la clasificación de suelos con problemas de ensalitramiento son la conductividad eléctrica en ds/metro y el Porcentaje de sodio intercambiable.

Pulido (2004, 2008 y 2016) ha desarrollado trabajos de investigación sobre salinidad y drenaje usando avances tecnológicos tales como Sistemas de información geográfica, imágenes satelitales y sensores remotos en distritos de riego del noroeste de México.

El balance de sales.

Aceves (1979), define el balance de sales consiste en llevar un control de las entradas y salidas de sales en un área determinada. Parcela, sección, zona, unidad, módulo o distrito de riego. El balance resultante puede ser de equilibrio, es decir entradas igual a salidas, desfavorable con entradas mayores a salidas que implica que quedan sales en el área y pueden generar ensalitramiento o favorable que es el caso en que las salidas son mayores que las entradas.



Teóricamente la entrada y salida de sales se presenta principalmente en los volúmenes de agua que entran y salen del área. Entonces muestreos de agua en puntos de entrada y salida del área y su análisis de concentración de sales en laboratorio permiten definir la condición resultante del balance de sales y definir las acciones a ejecutar para prevenir el ensalitramiento del área en caso de un balance desfavorable.

Estudios de drenaje.

Los estudios específicos de drenaje de un DR consisten principalmente en la obtención de información sobre niveles freáticos o freaticimetría y de la conductividad hidráulica. Baroccio (2000) define los estudios freaticimétricos como estudios que se realizan con el objetivo de obtener información sobre posición y variación de nivel freático para identificar la superficie afectada con niveles cercanos a la superficie y definir su impacto en desarrollo y rendimientos de cultivos, así como en el proceso de ensalitramiento de suelos bajo riego.

Los estudios freaticimétricos requieren la instalación de pozos de observación para la toma de información de niveles del agua. Con esta información se elaboran planos de nivel freático con respecto a la superficie del terreno (Isobatas) y planos de niveles freáticos con respecto al nivel del mar (isohipsas).

Los planos de isobatas permiten la ubicación de áreas con niveles freáticos menores o iguales a una profundidad dada. Con estos es posible ubicar las áreas que requieren el mejoramiento del drenaje para cortar el flujo de agua y que el nivel freático se abata a profundidades adecuadas para el desarrollo de las plantas.

Los planos de isohipsas ubican la dirección de la altura de los niveles freáticos con relación al nivel del mar, la línea de corriente va de curvas de igual altura a curvas con altura menor. Para que el dren sea adecuado deberá trazarse perpendicular a las líneas de corriente.

Conductividad hidráulica.

La conductividad hidráulica es un parámetro importante para estimar la separación entre drenes. Se define como la velocidad del flujo de agua cuando el gradiente hidráulico es igual a la unidad.

La conductividad hidráulica puede determinarse con métodos de campo consistentes en perforación de pozos por debajo del nivel freático y medición de la velocidad de recuperación del nivel. La determinación también puede hacerse en laboratorio en columnas de suelo con carga constante o variable de agua sobre su superficie. En casos especiales puede estimarse con el dato de distribución de poros por tamaño o por la



distribución del tamaño de partículas. Las unidades para la conductividad hidráulica son L/t normalmente m/día o cm/hora.

Avances tecnológicos y actividades de ingeniería de riego y drenaje.

Los avances tecnológicos pueden apoyar de manera significativa la realización de actividades de riego y drenaje. Algunos ejemplos de la aplicación de nuevas tecnologías para estas actividades se anotan a continuación:

La determinación del momento oportuno del riego de cultivos tiene avances importantes. Los sistemas de pronóstico de riego desarrollados por IMTA en colaboración con CONAGUA, permiten con apoyo computacional y datos de suelo, cultivo, clima y organizativos desarrollar de manera sistematizada esta actividad (Ojeda et al (1999). Para una mayor cobertura se requiere su difusión y adquisición de estaciones climatológicas automatizadas y capacitación al personal que se encargue de su ejecución. Al respecto, la CONAGUA ha apoyado el uso de esta metodología en algunos DR, destacando los DR075 y 076.

Los sistemas de información geográfica (SIG), las imágenes satelitales, la telemetría, los sensores remotos, sensores de inducción electromagnética, equipos portátiles de muestreo y determinación de contenido de sales, contenido de humedad del suelo y otros parámetros requeridos para actividades de ingeniería de riego y drenaje reducen el tiempo necesario para la obtención de la información.

En este contexto, Pulido (2008) reporta que en el DR075 “Se realizó un estudio con los objetivos de generar los mapas de salinidad del suelo, salinidad y drenaje deficiente, y rendimiento del Distrito de Riego 075, con la aplicación de imágenes de satélite, un sensor de inducción electromagnética y sistemas de información geográfica (SIG). A partir de modelos de regresión, para estimar la salinidad y el rendimiento, se realizaron clasificaciones supervisadas de las imágenes para obtener un primer mapa parcial de salinidad y generar mapas de rendimiento. Se analizó la relación entre la salinidad y el rendimiento para estimar la disminución de producción en los cultivos estudiados”.

Asimismo, Pulido (2004) presenta información sobre estudios de salinidad y drenaje realizados en el DR038 en el periodo comprendido de 1965 a 2001. Hasta 1996 estos estudios se realizaron con metodología tradicional y de 1996 a 2001 los estudios de salinidad se realizaron en el estrato de 0 a 60 cm con apoyo de cartografía ejecutada con imágenes de satélite y un sensor electromagnético.

La tecnología permite planeación global pero no sufre totalmente la información puntual requerida para solución de problemas locales y focalizados lo que puede generar que los problemas cuando resulten visibles requieran esfuerzos físicos y financieros que dificulten o retrasen la solución.



Conclusiones

Las conclusiones generales de este ensayo son:

Las actividades de ingeniería de riego y drenaje son importantes para la sustentabilidad de los recursos tierra y agua de los distritos de riego.

La productividad del agua está directamente ligada al incremento de eficiencias de riego y a la aplicación oportuna del mismo.

El ensalitramiento de suelos y los problemas de drenaje deben combatirse en las áreas donde ya están presentes y prevenirse para evitar el incremento del área ensalitrada.

Recomendaciones

Es necesario evaluar la información generada in situ por el departamento de ingeniería de riego y drenaje y efectuar de inmediato la actualización de esta en aquellos casos en que se presenten problemas visibles de desfasamiento.

Se requiere activación del departamento de ingeniería de riego y drenaje por parte de CONAGUA o de las ACUs en el esquema particular o bien en colectivo a través de la SdeRL de existir esta.

Debe avanzarse en la adquisición y uso de tecnología emergente para la obtención de la información necesaria para toma de decisiones en aspectos de riego y drenaje.

Se deben establecer programas de capacitación de personal técnico de módulos, Sde RL Y CONAGUA para la ejecución sistematizada de las actividades de ingeniería de Riego y Drenaje.

Referencias Bibliográficas

Aceves, N. E. 1978. El ensalitramiento de suelos bajo riego. CP, Chapingo, México.

Baroccio, F. C. 2000. Evaluación de la red general de drenaje del Distrito de Riego 014 "Río Colorado" B.C. y Son. En relación con los niveles freáticos. Congreso Internacional de Transferencia de sistemas de Riego. Mesa 2. Operación y Conservación. Mazatlán, Sin. México.

CONAGUA. 2018. Estadísticas del agua en México.

Corwin, D, y Brown, G. (2004). Salinity assesment at field and lanscape scales using ECA sensing data. En: Taller de análisis de tecnologías para identificación de suelos ensalitrados mediante percepción remota.



- Herrera, P. J. C. ET AL. 2017. Actividades de asistencia técnica y volumen de agua ahorrado en el RIGRAT del DR063 Guasave, Sinaloa: En: Memorias del III congreso Nacional de riego y drenaje COMEII 2017.
- Ojeda et al. 1999. Pronóstico de riego en tiempo real. Instituto Mexicano de tecnología del agua.
- Pulido, M. L. 2004. Estimación de la salinidad del suelo y estimación de los rendimientos de los cultivos con sensores remotos a la escala de un distrito de riego. En: Taller de análisis de tecnologías para identificación de suelos ensalitrados mediante percepción remota.
- Pulido, M. L., et al. 2008. Sensores remotos y SIG para estudiar la producción de cosechas en suelos afectados por sales y con drenaje deficiente. Ingeniería Hidráulica en México, 23(1): 45-56.
- Pulido Madrigal, L. 2016. Cambio climático, ensalitramiento de suelos y producción agrícola en áreas de riego. Terra latinoamericana volumen 34 número 2, 2016.
- Rojas, R. F. 2018. Situación actual del riego y como ser más eficientes en su uso en la agricultura. Conferencia a alumnos de la especialidad de Irrigación Universidad Autónoma Chapingo.