

Angeles H. Juan M., et. al. 2011. Evaluación hidráulica de sistemas de riego apoyados por el proyecto estratégico de tecnificación del riego. CD Memorias del XVI Congreso Nacional de Irrigación, Culiacán, Sinaloa, México. NUS001. pp. 1-8.

001 EVALUACIÓN HIDRÁULICA DE SISTEMAS DE RIEGO APOYADOS POR EL PROYECTO ESTRATÉGICO DE TECNIFICACIÓN DEL RIEGO.

Angeles H. Juan M. ⁽¹⁾, Hernández M. Rafael ⁽²⁾, Casillas G. Juan A. ⁽³⁾, Herrera P. Juan C. ⁽⁴⁾ y Fragoza D. Fernando. ⁽⁵⁾.

(1) Especialista en Hidráulica. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Colonia Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550. México. Tel. 01 777 3 29 36 58. e-mail: jangeles@tlaloc.imta.mx

(2) Gerente de Planeación. Fideicomiso de Riesgo Compartido. Av. Cuauhtémoc 1230 Pisos 15,16 y PH. Col. Santa Cruz Atoyac, Del. Benito Juárez, C.P. 03310, México, D.F. e-mail: rhernandez@firco.gob.mx

(3) Gerente Estatal en Morelos. Fideicomiso de Riesgo Compartido. Paseo del Conquistador N° 428, Col. Lomas de Cortés; C.P. 62240; Cuernavaca, Mor. e-mail: antonio.casillas@firco.sagarpa.gob.mx

(4) Subcoordinador de Ingeniería de Riego. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Colonia Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550. México. Tel. 01 777 3 29 36 58. e-mail: jherrera@tlaloc.imta.mx

(5) Coordinador de Riego y Drenaje. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Colonia Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550. México. Tel. 01 777 3 29 36 12. e-mail: ffragoza@tlaloc.imta.mx

RESUMEN

El *Proyecto Estratégico de Tecnificación del Riego*, implementado por el gobierno federal a través de Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), tiene como objetivo fomentar la producción de alimentos, bienes y servicios realizando un uso sustentable de la cuenca y acuíferos, mediante la tecnificación de sistemas de riego parcelarios. En el año 2009 este proyecto apoyó una superficie de 85,076 ha en beneficio de 4,406 productores. De los 1,607 proyectos apoyados, se obtuvo una muestra de 98 sistemas de riego para su evaluación hidráulica, llevando a cabo la medición y determinación de la presión, el gasto hidráulico, el tiempo de riego, el volumen y la lámina de riego aplicada; para determinar el coeficiente de uniformidad de Christiansen y la eficiencia de aplicación de cada sistema de riego evaluado. Como resultado se obtuvo que el coeficiente de uniformidad de Christiansen fue del 85.2%, indicando este valor que se realizó un adecuado diseño hidráulico por parte de los proveedores del servicio. La eficiencia de aplicación fue del 74.2%, ésta resultó un tanto baja, debido a que la mayoría de los productores beneficiados están realizando una operación no muy adecuada del sistema de riego, ya que carecen de los servicios tecnológicos apropiados y de una capacitación que les facilite definir con precisión el cuánto y cuándo regar. Se sugiere que para mantener al menos estas eficiencias de aplicación alcanzadas mediante la tecnificación del riego, y más aún, acercarse a los niveles potenciales de eficiencias de cada sistema de riego, es necesario emprender y fortalecer acciones de capacitación a usuarios en aspectos de operación de sistemas riego.

Palabras clave: Evaluación, hidráulica, sistemas, riego, tecnificación.

INTRODUCCIÓN

Con fecha 29 de mayo de 2009, el Ejecutivo federal, a través de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), celebró con el Fondo Especial para Financiamientos Agropecuarios (FEFA) y el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), un Convenio de Colaboración con objeto de instrumentar el *Proyecto Estratégico de Tecnificación del Riego*.

El *Proyecto Estratégico de Tecnificación del Riego*, tiene como objetivo fomentar la producción de alimentos, bienes y servicios realizando un uso sustentable de la cuenca y acuíferos, mediante la tecnificación del riego que permita el uso más eficiente y productivo del agua. Opera a nivel nacional, en función de la demanda existente. Dando prioridad a proyectos que contribuyan a equilibrar acuíferos sobreexplotados. Los tipos de apoyo son para

la adquisición e instalación de sistemas de riego tecnificado presurizados para su operación dentro del predio o parcela.

El Proyecto Estratégico de Tecnificación del Riego, apoyó durante 2009 un total de 1,607 proyectos de sistemas de riego parcelarios, en una superficie de riego de 85,077 ha, en beneficio de 4,406 productores; distribuidos en 28 entidades federativas. Los apoyos otorgados por la SAGARPA durante 2009 fueron de \$ 850'517,840.82, las aportaciones de los productores de \$ 406'848,004.21, las aportaciones vía créditos de \$ 693'429,294.08; para hacer un total de \$ 1,950'795,139.11; representando un costo promedio por hectárea de 22,929.79 pesos. Las entidades que tuvieron mayor participación en cuanto a superficie tecnificada y montos de inversión fueron: Chihuahua, Sinaloa, Zacatecas, Jalisco, Coahuila, Campeche, Durango, Veracruz y Nuevo León, representando estos nueve estados un 81% de la superficie tecnificada. Cabe mencionar que los estados de México, Guerrero, Morelos y el Distrito Federal no registraron ningún proyecto apoyado durante el año 2009.

Los tipos de sistemas de riego que se apoyaron con mayor superficie fueron: pivote central (31,359 ha), goteo (25,358 ha), micro aspersión (7,449 ha), aspersión fija (5,266 ha), avance frontal (2,966 ha) y aspersión portátil manual (3,331 ha); representando estos seis tipos de sistemas de riego un 89% de la superficie total apoyada. Los cultivos principales propuestos como de inicio, para el primer ciclo, fueron: maíz (19,576 ha), algodón (10,499 ha), maíz forrajero (7279.5 ha), chile (7,888 ha), coco fruta (3897 ha), nogal (4,160 ha), papa (4562 ha), alfalfa (4,673 ha), caña de azúcar (2,882 ha), frijol (2,310 ha), otros perennes (9,972 ha) como limón, naranja, pastos, manzano, principalmente, y otras hortalizas y frutas (7,378 ha) como jitomate, brócoli, cebolla, sandía y tomate de cáscara entre otras.

Uno de los aspectos más importante en el seguimiento y evaluación de los proyectos de tecnificación del riego a nivel parcelario es el impacto de ésta en el uso eficiente del agua de riego. Para su determinación, es necesaria la obtención de indicadores hidráulicos como la eficiencia de aplicación y el coeficiente de uniformidad de Christiansen; por lo que es necesaria la cuantificación en campo de los volúmenes de agua requeridos y utilizados, y su distribución dentro de la parcela. Por lo anterior, en el presente documento el objetivo principal consistió en realizar la evaluación hidráulica a una muestra de sistemas de riego representativos, apoyados en 2009, por el *Proyecto Estratégico de Tecnificación del Riego*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Previo a la realización de las mediciones de campo para determinar la eficiencia de aplicación y el coeficiente de uniformidad de Christiansen de los sistemas de riego, se determinó el tamaño de la muestra. El número de sistemas de riego a evaluar por gerencia estatal se definió de manera proporcional al número de proyectos apoyados en cada gerencia. La determinación del tamaño de la muestra representativa se realizó bajo el siguiente procedimiento.

Definición del tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra depende de la variabilidad de la población y de la exactitud y nivel de confianza designados para la estimación. Una aproximación estadística para la determinación del tamaño de la muestra se representa mediante la ecuación (1).

$$N = \left[\frac{(Z)(CV)}{k} \right]^2 \quad (1)$$

Donde: Z = intervalo de confianza; CV = coeficiente de variación; K = error

El nivel de confianza es el porcentaje para el cual el intervalo mostrado mediante la expresión (2), contiene un valor deseable. Para niveles de confianza de 95%, 90% y 80%, tenemos que Z = 1.96, 1.64 y 1.28, respectivamente.

$$\bar{X} \pm (Z)S_x \quad (2)$$

Para la determinación del coeficiente de variación se aplicó la ecuación (3).

$$CV = \frac{100 * S}{\bar{X}} \quad (3)$$

Donde: S = desviación estándar; \bar{X} = media de la muestra

La estimación del tamaño de la muestra requiere una estimación de la desviación estándar, la cual es usualmente desconocida antes del muestreo, se utilizó la ecuación (4) para su determinación:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (4)$$

Donde: S = desviación estándar; X_i = datos contenidos en la muestra. En este caso el parámetro evaluado fue la superficie (ha) de cada proyecto de riego; \bar{X} = media de los datos de la muestra; N = Número de datos contenidos en la muestra

Análisis por superficie de riego por proyecto

Media: 40.985

Desviación estándar: 31.587

Error estándar: 0.7924

Coefficiente de variación: 77.069

En el cuadro 1 se presentan los valores del intervalo de confianza, el error de la media de las muestras, el coeficiente de variación para diferentes tamaños de la muestra, el tamaño de la muestra correspondiente y el correspondiente nivel de confianza. El más alto intervalo de confianza es de 1.96, que representa a un nivel de confianza del 95%, con un error del 0.10, el cual exige un tamaño de muestra de 228 proyectos, con un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 1. Valores del intervalo y nivel de confianza, error y coeficiente de variación para diferentes tamaños de la muestra.

Intervalo de confianza (Z)	Error (k)	Coefficiente de variación (CV)	Tamaño de la muestra (N)	Nivel de confianza (%)
1.96	0.10	0.771	228.2	95
1.64	0.10	0.771	159.8	90
1.28	0.10	0.771	97.3	80
1.96	0.15	0.771	101.4	95
1.64	0.15	0.771	71.0	90
1.28	0.15	0.771	43.3	80
1.96	0.20	0.771	57.0	95
1.64	0.20	0.771	39.9	90
1.28	0.20	0.771	24.3	80

En este caso, por la limitación de los recursos disponibles, se optó por un tamaño de muestra de 98 (proyectos), la cual resulta favorable para nuestro estudio, este intervalo corresponde a un nivel de confianza del 80% y un error de la media de las muestras del 10%, relacionándolo con el mínimo tamaño de muestra de 97.3 datos arrojado por el análisis estadístico, aseguramos que el tamaño de la muestra seleccionada nos proporciona la representatividad deseada.

Los 98 sistemas de riego seleccionados para su evaluación hidráulica, se distribuyeron por gerencia estatal de FIRCO de la siguiente manera: Chihuahua 22, Zacatecas 15, Jalisco 9, Sinaloa 9, Baja California Sur 5, Coahuila 5, Región Lagunera 4, Guanajuato 5, Michoacán 4, Colima 4, San Luis Potosí 4, Nayarit 5, Aguascalientes 4, y Veracruz 3. Cubriendo un total de 14 gerencias estatales.

Los sistemas de riego evaluados se agruparon por tipo y por cultivo de la siguiente manera: goteo, 44, para cultivos de chile, jitomate, maíz cebolla, fríjol y caña de azúcar; pivote central, 16, para cultivos de algodón, trigo, maíz y avena; microaspersión, 14, para cultivos de limón, nogal y naranjo; aspersión portátil, 7, para cultivos de sorgo, alfalfa y maíz; aspersión fija, 5, para nogal y plátano; side roll, cañón viajero, avance frontal, 8, para cultivos de alfalfa, maíz, papa y brócoli; y multicompuertas, 4, para cultivos de trigo, maíz y sandía principalmente.

Los indicadores hidráulicos determinados en la evaluación fueron: la eficiencia de aplicación (ecuación 5) y el coeficiente de uniformidad de Christiansen (ecuación 6) de cada sistema de riego.

Eficiencia de aplicación.

Para la evaluación del riego se utilizó la eficiencia de aplicación, definido por la ecuación 5.

$$E_a = \left(\frac{V_{req}}{V_a} \right) * 100 \quad (5)$$

Donde: E_a = eficiencia de aplicación (%); V_{req} = volumen de agua requerido por el cultivo para un periodo o intervalo de riego [L^3]; V_a = volumen de agua aplicado durante la prueba de riego [L^3]

Coefficiente de uniformidad de Christiansen.

Para determinar la uniformidad de distribución de la lámina de riego aplicada por el sistema de riego, medida en campo a través del volumen de agua aplicado por los emisores de riego, se utilizó el coeficiente de uniformidad de Christiansen, definido por la ecuación (6).

$$CUC = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - \bar{V}|}{n * \bar{V}} \right) * 100 \quad (6)$$

Donde: CUC = coeficiente de uniformidad de Christiansen (%); V_i = volumen de agua captada en los emisores [L^3]; \bar{V} = volumen promedio del agua captada en los puntos medidos [L^3]; n = número de puntos ó emisores considerados.

Requerimiento de riego del cultivo

Para la determinación del requerimiento de riego del cultivo se utilizó el programa de cómputo Cropwat de la FAO (2006) versión 8.0 para Windows. Los cálculos se basan en la estimación de la evapotranspiración potencial de los cultivos a partir de la evapotranspiración de referencia calculada con el método de Penman-Monteith.

Evapotranspiración del cultivo, ecuación (7)

$$ET_p = K_c * ET_0 \quad (7)$$

Donde: ET_p = Evapotranspiración potencial (mm/día); ET_0 = Evapotranspiración de referencia (mm/día); K_c = coeficiente de cultivo

Coefficiente de Cultivo (K_c)

El coeficiente de cultivo promedio o único (K_c) es la representación cuantitativa normalizada de la evapotranspiración de un cultivo (ET_r) en relación con la Evapotranspiración de referencia (ET_0) a lo largo del ciclo fenológico de un cultivo, se expresa con la ecuación (8):

$$K_c = ET_r / ET_0 \quad (8)$$

Evapotranspiración de referencia:

Definida por la ecuación (9) de Penman-Monteith.

$$ET_0 = \frac{\Delta(R_n - g)}{\lambda(\Delta + \gamma^*)} + \frac{\gamma^* M_w (e_s - e_d)}{R K r_v (\Delta + \gamma^*)} \quad (9)$$

Donde: ET_0 = evapotranspiración de referencia ($kg\ m^{-2}\ s^{-1}$ o $mm\ s^{-1}$); R_n = radiación neta ($kw\ m^{-2}$); g = flujo térmico del suelo ($kw\ m^{-2}$); M_w = masa molecular del agua ($0.018\ kg\ mol^{-1}$); R = constante universal de los gases ($8.3 * 10^{-3}\ KJ\ mol^{-1}\ K^{-1}$); K = temperatura, Kelvin ($273^\circ K$); λ = calor latente de vaporización de agua ($2450KJ\ kg^{-1}$); r_v = resistencia al flujo de vapor de la cubierta vegetal ($s\ m^{-1}$); Δ = pendiente de la función de presión ($Pa\ ^\circ C^{-1}$); γ^* = constante psicrométrica aparente ($Pa\ ^\circ C^{-1}$)

Precipitación efectiva

Para estimar la precipitación efectiva se utilizó el método del Servicio de Conservación de Suelos del departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA SCS) por sus siglas en inglés, que utiliza el siguiente par de ecuaciones:

$$Pe = P (125 - 2P/125), \text{ para } P < 250 \text{ mm} \quad (10)$$

$$Pe = 125 + 0.1 P, \text{ para } P > \text{de } 250 \text{ mm} \quad (11)$$

Donde: Pe = precipitación efectiva (mm); P = precipitación (mm)

Procedimiento de campo.

El procedimiento de campo consistió en una primera fase en obtener mediante una encuesta directa con el productor, las características generales de la fuente de abastecimiento, del sistema de riego tecnificado instalado, y las características del cultivo. En una segunda fase, en campo se determinaba mediante medición directa la presión y el gasto hidráulico tanto de la fuente de abastecimiento, como del grupo de emisores seleccionados, ver fotos 1 y 2. La ubicación de los emisores a evaluar hidráulicamente a lo largo de la sección de riego estuvo determinada en función del tipo de sistema de riego de manera que se seleccionó la sección de riego representativa ó en su caso la más crítica. Posteriormente, esta información se analizó en gabinete para cuantificar volumen y lámina de riego aplicada, determinación del requerimiento de riego del cultivo, considerando las fechas de siembra y de evaluación.



Foto 1. Medición en goteo a cultivo de manzano



Foto 2. Medición en aspersión fija subfoliar en nogal

En resumen, la evaluación hidráulica en campo consistió en realizar las mediciones de los gastos hidráulicos, presiones y tiempo de riego a que estaban operando los distintos emisores en los sistemas de riego; estos emisores podrían ser gateros, microaspersores, aspersores, aspersores gigantes y tubería con compuertas.

Para recabar la información necesaria, se elaboraron formatos para llevar a cabo la evaluación hidráulica, éstos se dividieron en tres, en función de los diferentes tipos de sistemas de riego:

- I. Formato para evaluación de sistemas de riego por goteo y cintilla.
- II. Formato para evaluación de sistemas de riego por microaspersión, aspersión subfoliar, aspersión portátil y fija, *side roll* y cañones.
- III. Formato para evaluación de sistemas de aspersión móvil, pivote central, avance frontal y cañón viajero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron hidráulicamente un total de 98 sistemas de riego, distribuidos por gerencia estatal de FIRCO de la siguiente manera: Chihuahua 22, Zacatecas 15, Jalisco 9, Sinaloa 9, Baja California Sur 5, Coahuila 5, Región Lagunera 4, Guanajuato 5, Michoacán 4, Colima 4, San Luis Potosí 4, Nayarit 5, Aguascalientes 4, y Veracruz 3. En el cuadro 2 se presenta un ejemplo con los parámetros de campo obtenidos y los valores promedios de las

eficiencias de aplicación y el coeficiente de uniformidad de Christiansen, de un sistema de riego por goteo evaluado en el estado de Sinaloa

Cuadro 2. Resumen de los datos obtenidos de la evaluación hidráulica de un sistema de goteo.

Concepto	Valor
Cultivo	Maíz
Productor	Miguel Arturo Gaxiola
Superficie parcela (ha)	65
Localización	Santa Fe, Navolato, Sin.
Fecha evaluación	20 de marzo de 2010
Fecha de siembra	15 dic. De 2009
Promedio del cuarto inferior de gastos mínimos (l/h)	0.728
Promedio de los gastos (l/h)	0.837
Gasto de la sección (l/s)	10.536
Número aproximado de emisores en la sección	45333
Tiempo de aplicación (h decimal)	20.0
Área dominada por el emisor (m ²)	0.48
Ancho de la franja mojada por los emisores (m)	0.600
Área mojada por el emisor (m ²)	0.27
Textura suelo	Franco arcillosa
Superficie de la sección (ha)	2.18
Lámina media aplicada por hora (cm/h)	0.310
Lámina total aplicada en el riego (cm)	6.2
Requerimiento de riego (cm)/8 días	5.2
Volumen aplicado en el riego (m ³)	758.6
Eficiencia de aplicación (%)	83.9
Uniformidad de emisión (%)	87.0
Coefficiente de Uniformidad de Christiansen (%)	92.4

En el cuadro 3 se presentan los valores promedios de las eficiencias de aplicación y el coeficiente de uniformidad de Christiansen para los sistemas de goteo, pivote central, microaspersión, aspersión portátil manual, aspersión fija, cañón viajero, avance frontal, side roll, y multicompuertas.

Cuadro 3. Resumen de las eficiencias de aplicación y el coeficiente de uniformidad de Christiansen.

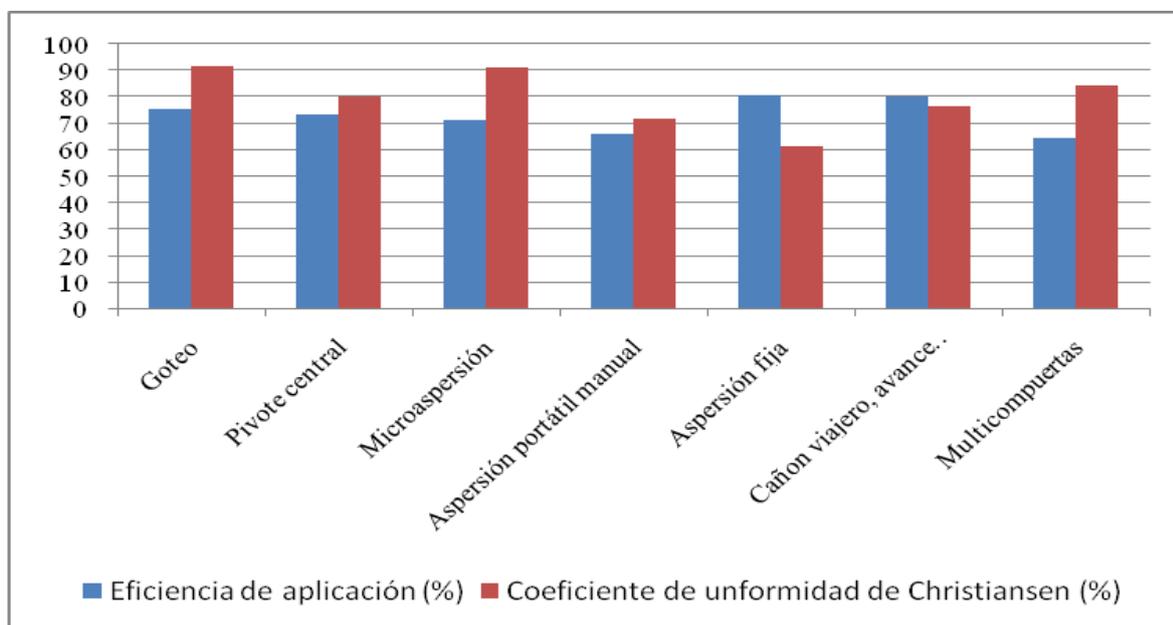
Sistema de riego	Eficiencia de aplicación (%)	Coefficiente de uniformidad de Christiansen (%)
Goteo	75.6	91.6
Pivote central	73.4	80.4
Microaspersión	71.5	91.1
Aspersión portátil manual	66.3	72.1
Aspersión fija	80.9	61.5
Cañón viajero, avance frontal, <i>side roll</i> y cañón portátil	80.1	76.5
Multicompuertas	64.8	84.4

El coeficiente de uniformidad de Christiansen, de los sistemas de riego por goteo y de microaspersión, fueron de 91.6% y 91.1% respectivamente, resultaron de las más elevadas, debido a que en estos sistemas el efecto del viento es muy pequeño (microaspersión), lo cual permite obtener alta uniformidad del riego. En el caso del pivote central su uniformidad de distribución fue del 80.4%, se considera buena, a pesar de que la temporada en que se hicieron estas evaluaciones existía un poco de viento.

La uniformidad en los sistemas de riego por aspersión portátil y fija (72.1% y 61.5%, respectivamente) fueron un poco bajas, ya que en la mayoría de las veces, sobre todo en la aspersión portátil manual, las líneas distribuidoras se instalan a separaciones no apropiadas para la presión hidráulica existente en los aspersores. En cuanto a los sistemas de riego de aspersión móvil (cañón viajero, avance frontal, *side roll* y cañón portátil) se requiere de mayor labor en campo para realizar una evaluación precisa del patrón de mojado y en consecuencia el obtener la lámina de riego precipitada. En este caso la uniformidad promedio fue del 76.5%. En los sistemas de riego por

multicompuestas, se obtuvieron uniformidades altas (84.4%), debido principalmente a que la longitud de la tirada de riego es pequeña en los sistemas de riego evaluados.

En cuanto a los valores de la eficiencia de aplicación, los sistemas de riego por goteo y de microaspersión, fueron de 75.6% y 71.5% respectivamente, resultaron un poco bajas de acuerdo al nivel potencial de estos sistemas de riego. El pivote central fue del 73.4%, los sistemas de riego por aspersión portátil y fija (66.3% y 80.9%, respectivamente). En cuanto a los sistemas de riego de aspersión móvil (cañón viajero, avance frontal, *side roll* y cañón portátil) la eficiencia de aplicación promedio fue del 80.1%. Los sistemas de riego por multicompuestas, se obtuvieron valores promedio del 64.8%. En la gráfica 1 se presenta la información concentrada por tipo de sistemas de riego y los valores del coeficiente de uniformidad de Christiansen y de eficiencia de aplicación.



Gráfica 1. Valores promedio del coeficiente de uniformidad de Christiansen y de eficiencia de aplicación

El coeficiente de uniformidad de Christiansen promedio en los 98 sistemas de riego muestreados fue del 85 por ciento, el cual se considera aceptable. Sin embargo, el valor promedio de la eficiencia de aplicación del riego fue del 74%. La eficiencia de aplicación resultó un tanto baja, debido principalmente a que la mayoría de los productores agrícolas beneficiados están realizando una operación no muy adecuada del sistema de riego (lámina, tiempo e intervalo de riego), ya que no disponen de los servicios tecnológicos apropiados y de los conocimientos necesarios que les faciliten definir con precisión la cantidad de agua que requiere el cultivo y el momento oportuno de aplicar el riego.

CONCLUSIONES

1. El Proyecto Estratégico de Tecnificación del Riego apoyó durante 2009 una superficie de riego de 85,077 ha, en beneficio de 4,406 productores. Los sistemas de riego que se apoyaron con recursos 2009 en mayor superficie tecnificada fueron: pivote central, goteo, microaspersión, aspersión fija y portátil manual, y avance frontal; representando un 90% de la superficie tecnificada.
2. Los sistemas de riego tecnificados evaluados en campo resultaron con un coeficiente de uniformidad de Christiansen muy favorable (mayor al 85%), debido a un adecuado diseño hidráulico de los mismos.
3. Los valores relativamente bajos de la eficiencia de aplicación (74%), se debe a que la mayoría de los productores están realizando una operación no muy adecuada del riego (lámina, tiempo e intervalo de riego), ya que no disponen de los servicios tecnológicos, y de los conocimientos necesarios que les faciliten definir con precisión el cuánto y cuándo regar.

RECOMENDACIONES

Para la tecnificación del riego en áreas de acuíferos sobreexplotados, se recomienda la instalación de sistemas de riego localizados (goteo y microaspersión); ya que éstos permiten obtener las eficiencias de aplicación más altas desde el punto de vista de viabilidad operativa.

A fin de preservar los actuales niveles de ahorro de agua, y más aún, alcanzar los niveles potenciales de ahorro mediante el incremento de la eficiencia de aplicación del riego, es necesario emprender acciones de capacitación a usuarios de riego, a través de las propias empresas proveedoras de servicios de riego.

BIBLIOGRAFÍA

Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)-SAGARPA. (2010). Seguimiento y evaluación del proyecto estratégico de tecnificación del riego. Informe final proyecto RD0930. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (1998). Manual para planificar la tecnificación del riego parcelario. Jiutepec, Morelos, México.