



III CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2017

Puebla, Pue., del 28 al 30 de noviembre de 2017

ACTIVIDADES DE ASISTENCIA TÉCNICA Y VOLUMEN DE AGUA AHORRADO EN EL RIGRAT DEL DR 063 GUASAVE, SINALOA

**Juan Carlos Herrera Ponce^{1*}; Pedro Pacheco Hernández¹; Jorge Castillo Gonzalez¹;
Helene Unland Weiss¹; Blas Espinoza Quintero²; Alberto Alatorre Márquez²; Erika
Cecilia Gastelum Solano³**

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532,
Colonia Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550 México.

² Distrito de Riego 063 Guasave, Sin., Guasave, Sinaloa, C.P. 81000 México.

³Responsable Técnico RIGRAT, Módulo II-2 Tetameche, DR 063 Guasave, Sin. C.P. 81000 México

jherrera@tlaloc.imta.mx - 7773293600 Ext 466 (*Autor de correspondencia)

Resumen

El IMTA coordina el proyecto RIGRAT en el estado de Sinaloa, en una superficie de 27,000 ha, distribuida en los ocho distritos de riego del Estado. La superficie atendida ha evolucionado de manera heterogénea en los Distritos de riego del Estado, ya que en algunos de ellos se ha reducido y en otros se ha incrementado. En el caso particular del DR 063 Guasave, Sin., hasta el momento, se ha incorporado una superficie de 9,372 ha, la cual se ha mantenido constante en los dos últimos años agrícolas.

En este trabajo se presentan los resultados del programa RIGRAT, en cuanto a las actividades de asistencia técnica (caracterización de parcelas con fines de riego, diseño y trazo del riego parcelario, seguimiento del riego, medición y entrega del agua a nivel parcelaria, evaluación del riego y proyecto de nivelación de tierras) con mayor incidencia en los ahorros de volumen de agua a nivel de parcela. Además, se realiza un análisis del impacto estas actividades en los indicadores de volumen de agua ahorrado, de productividad del agua y de utilidad neta, para las superficies RIGRAT del DR 063 Guasave, Sinaloa.

Palabras clave adicionales: RIGRAT, Riego por gravedad, Asistencia técnica



Introducción

En México, se han implementado diversos programas para impulsar el uso eficiente del agua de riego, tal es el caso del Plan de Mejoramiento Parcelario y del Programa de Apoyo a la Infraestructura Hidroagrícola, desarrollados respectivamente por la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) y la actual Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

En términos generales, estos programas han impulsado el uso eficiente del agua de riego, con la implementación en mayor o menor grado de acciones estructurales y no estructurales, que pretenden reducir el consumo de agua, las primeras con altas inversiones y segundas con bajas inversiones. Estas acciones se han enfocado a la reducción de las pérdidas de agua en los diferentes niveles de un Distrito de riego: conducción principal, red de distribución, red inter-parcelaria y parcelas.

Por su parte, el Instituto Mexicano de tecnología del agua ha desarrollado estudios enfocados a la implementación de acciones no estructurales, en los diferentes tipos de distritos de riego (fuente superficial y fuente subterránea). Los estudios se han realizado con el financiamiento de CONAGUA, SAGARPA, FIRCO y Algunos Gobiernos Estatales, y en términos generales se han analizado las eficiencias de conducción de las redes y la eficiencia de aplicación en las parcelas.

En el 2013, el Gobierno Federal implantó el Programa Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT) cuyo objetivo consiste en hacer un uso más racional del agua de riego, para lo cual se pretende aumentar la eficiencia de aplicación a nivel parcelario y el rendimiento de los cultivos, y de esta forma incrementar los indicadores de productividad del agua y utilidad para los productores.

En términos generales, el programa considera cuatro tipos de apoyos: asistencia técnica, coordinación, equipo de medición y nivelación de terrenos agrícolas, que realizan los Responsables Técnicos y el Supervisor. Los honorarios de este personal técnico son cubiertos mediante contratos de prestación de servicios profesionales, los cuales establecen que un Responsable Técnico debe proporcionar asistencia técnica en la implantación, seguimiento y evaluación de una superficie aproximada de 1,000 hectáreas; y que cada Supervisor Técnico tendrá bajo su responsabilidad la superficie correspondiente a diez responsables Técnicos. En el caso particular del DR 063 Guasave, Sin., el IMTA coordina las actividades de asistencia técnica de nueve responsables técnicos y un Supervisor.

La asistencia proporcionada por el personal técnico es la base del programa y considera las siguientes actividades básicas: caracterización de parcelas con fines de riego, diseño y trazo del riego parcelario, seguimiento del riego, medición y entrega del agua a nivel parcelaria, evaluación del riego y proyecto de nivelación de tierras. En este trabajo se describe la forma en que se han implementado las actividades de asistencia técnica en el DR 063 Guasave, Sin., de tal forma que su ejecución coordinada ha contribuido al cumplimiento del objetivo del programa.



Materiales y métodos

A continuación, se describen las actividades de asistencia técnica realizadas por los Responsables Técnicos, que se ejecutaron para cumplir los objetivos del Programa: caracterización de parcelas con fines de riego, diseño y trazo del riego parcelario, seguimiento del riego, medición y entrega del agua a nivel parcelaria, evaluación del riego y proyecto de nivelación de tierras.

Caracterización de parcelas con fines de riego

La caracterización de las parcelas, de la zona de riego beneficiada, es indispensable porque con ella se integra y organiza la información disponible para las diferentes actividades de asistencia técnica. En principio, el personal técnico del Distrito, Módulo de riego, IMTA y Responsables Técnicos realizaron recorridos para definir la superficie compacta que atendería cada Técnico (al menos 1,000 ha). En esta superficie se determinaron las condiciones generales: lotificación, infraestructura, pendiente longitudinal y transversal. Además, el Distrito y el Módulo de riego proporcionaron la información que pudiera ser de utilidad para la caracterización de las parcelas de la superficie beneficiada: padrón de usuarios, inventario de infraestructura, patrón de cultivos, plan de riegos, plano agrológico y sistema de información geográfico.

A partir de la información recopilada, el Responsable Técnico elaboró una base datos (formato *.xls), con información de todas las parcelas de la superficie beneficiada: canal de abastecimiento, toma granja, número de cuenta, usuario, productor, tenencia de la tierra, superficie física, pendiente general, trazo actual del riego, textura de suelo, parámetros físicos del suelo, cultivos sembrados y parámetros fisiológicos. Así como, los planos correspondientes: infraestructura, lotificación, superficie por toma granja, red interparcelaria, pendientes longitudinal y transversal y texturas.

Diseño y trazo del riego parcelario

El Responsable Técnico realizó el diseño del riego a partir de los parámetros físicos del suelo, la pendiente longitudinal del terreno, la geometría de la parcela y los parámetros de calibración, mediante el programa de cómputo RIGRAV. Para el proceso de calibración del riego se realizaron una serie de pruebas de avance simplificadas en parcelas representativas de la superficie RIGRAV, en cuanto a textura, relieve y geometría. Debido a que el proceso de calibración requiere información de las pruebas de avance, y considerando que estas pruebas requieren al menos un día para su ejecución, se optó por realizar el diseño del riego de manera escalonada, es decir por grupos de parcelas. En consecuencia, la receta de riego se ha obtenido también de manera escalonada e incluye al menos el gasto por surco, el tiempo de riego por tendida y el tamaño de tendida.

Para identificar las parcelas que requieren el trazo de riego se utilizó la pendiente longitudinal y transversal y la identificación en campo de encharcamientos. A este



grupo de parcelas, se realizó el levantamiento topográfico detallado mediante cuadrícula ortogonal a cada 20 metros y estación total; el plano con la configuración topográfica con curvas de nivel a equidistancia vertical a cada 20 cm; y la propuesta de trazo de riego. El Responsable Técnico proporcionó pláticas a los usuarios y productores, de aquellas parcelas con necesidades de trazo del riego, para explicar las bondades de la propuesta de trazo de riego, respecto a la magnitud y uniformidad de la lámina aplicada.

Seguimiento del riego

El Responsable Técnico realizó las siguientes actividades para dar seguimiento al riego: verificación de las condiciones iniciales de preparación de las parcelas para aplicar el riego, identificación de las prácticas del regador para la aplicación del riego, recomendación a los regadores para mejorar la aplicación del riego, y registro de información básica de los riegos: gasto aplicado, fecha de inicio, fecha de término, número de turnos y tiempo por turno. Además, se determinó el momento oportuno del riego, con la medición del contenido de humedad con TDR, antes de aplicar los últimos riegos, para aquellas parcelas que hayan presentado las láminas totales más altas en el año agrícola anterior. El Responsable Técnico proporcionó pláticas a los usuarios y productores, para explicar las bondades de aplicar el riego en el momento oportuno.

Medición y entrega del agua a nivel parcelaria

El responsable técnico realizó la medición de los gastos de agua entregados a las parcelas, con los equipos proporcionados por los módulos de riego (molinete de copas o medidor de hélice) o con los sifones utilizados por los regadores para aplicar el riego. A partir de este gasto y de otras variables como la superficie, el turno, el tiempo, registradas durante el seguimiento del riego, se determinó el volumen aplicado en cada riego. Estas mediciones sirvieron de base para elaborar una serie de reportes con los volúmenes por cultivo y por riego, que fueron presentados a los módulos de riego.

Evaluación del riego

El Responsable Técnico realizó la evaluación de cada uno de los riegos aplicados mediante la determinación del intervalo de riego, el requerimiento de riego, la lámina aplicada y la eficiencia de aplicación. Estas variables se determinaron a partir de la información climática, los parámetros del cultivo, la superficie, el gasto y el tiempo registradas durante el seguimiento del riego. Esta información se generó durante la caracterización de las parcelas, el seguimiento del riego, y la medición y entrega del agua a nivel parcelaria.

Proyecto de nivelación de tierras

El Responsable Técnico elaboró el programa anual de nivelación, a partir de las condiciones de la parcela en cuanto a la presencia de encharcamientos, la



configuración topográfica y la disponibilidad del usuario para nivelar su parcela. Este programa anual para nivelación de tierras fue consensado con usuarios beneficiados, personal del módulo de riego y CONAGUA.

Se realizó el levantamiento topográfico detallado, de las parcelas incluidas en el programa anual de nivelación, mediante cuadrícula ortogonal a cada 20 metros y estación total, así como el plano con la configuración topográfica con curvas de nivel a equidistancia vertical a cada 20 cm.

Se realizó el cálculo de cortes y rellenos mediante el programa de cómputo SINIVET de tal forma que el volumen de corte no excediera los 500 m³/ha para un solo plano de nivelación. En caso contrario, se consideró un máximo de tres planos de nivelación. Finalmente, se elaboró el proyecto ejecutivo de nivelación de las parcelas del programa anual de nivelación.

Además, el Responsable Técnico realizó el seguimiento de las parcelas que fueron niveladas en el marco del programa de nivelación de los Módulos de riego, los cuales se financiaron con recursos de los Módulos y usuarios beneficiados.

Análisis y discusión de resultados

El análisis de los resultados se enfocó al efecto de las actividades de asistencia técnica, que realizó cada Responsable Técnico, en la reducción del volumen de agua aplicado en la parcela. Se encontró que algunas de estas actividades se deben ejecutar en la totalidad de parcelas y que otras actividades son necesarias solamente en parcelas con ciertas características.

Parcelas que requieren actividades básicas de asistencia técnica

En el grupo de actividades básicas de asistencia se encuentra la caracterización, el seguimiento, la medición y la evaluación, se encontró que estas acciones se deben realizar en todas las parcelas de manera sistemática; que solamente la primera actividad se debe ejecutar en el primer año de implantación del programa; y que el resto de las actividades se deben realizar de manera permanente en cada año agrícola, durante la etapa de seguimiento del programa.

A partir del registró de las láminas aplicadas, realizado por cada Responsable Técnico, se hizo un análisis por cultivo de la evolución de la lámina aplicada, producto de la ejecución de las actividades indicadas, en los tres años agrícolas de aplicación del RIGRAT. Para cada cultivo se definieron grupos de parcelas que reportaron eficiencias de aplicación menores del 80% (valor recomendable para un buen riego), para el cultivo dominante en el Distrito, que es el maíz, resultó una lámina aplicada promedio de 97 cm.

En el caso particular de la superficie de maíz que fue asesorada por la Responsable Técnica 01 del Módulo II-2 Tetameche, se encontró que la Lámina aplicada promedio se ha reducido de 112 a 97 cm (Figura 1), que la superficie y el número

de parcelas con eficiencias menores de 80% se ha reducido respectivamente de 291 a 106 hectáreas y de 30 a 11 parcelas (Figura 2). En ambas gráficas se observa una clara reducción asintótica de la lámina aplicada, la superficie y el número de parcelas, de tal forma que el mayor diferencial de estas variables se presenta entre el año de implantación (2014-2015) y el primer año de seguimiento (2015-2016).

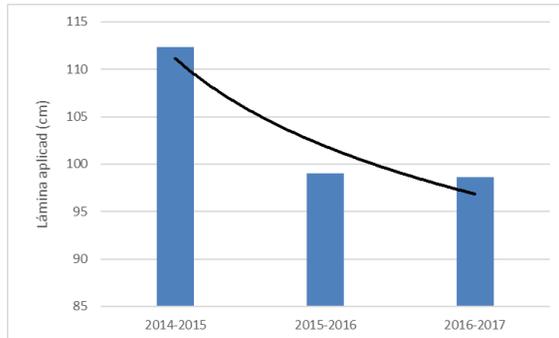


Figura 1. Evolución de lámina aplicada para maíz

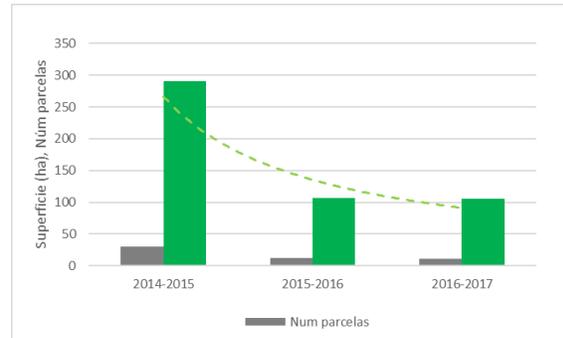


Figura 2. Evolución de superficie con eficiencia de aplicación menor del 80%

El volumen de agua ahorrado, estimado para las parcelas sembradas con el mismo cultivo, como la diferencia del volumen aplicado en el año agrícola de implantación respecto a cada uno de los años agrícolas de seguimiento del RIGRAT, que fue reportado por los Responsables Técnicos resultó muy heterogéneo. Esta heterogeneidad se debió principalmente a tres factores que se manifestaron de diferente manera en cada Módulos de Riego: las actividades de asistencia ejecutadas por los Responsables Técnicos, 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 técnica.

Para el caso particular de la Responsable Técnica 01 del Módulo II-2 Tetameche, considerando todos los cultivos sembrados, resultaron importantes ahorros de agua (Figura 3), que fueron producto de una combinación positiva de los tres factores indicados; mientras que para el Responsable Técnico 01 del Módulo III-1, resultaron pobres ahorros de agua, incluso ahorros negativos (Figura 4), producto de una combinación negativa de estos factores. Como podrá observarse en la Figura 3, el volumen de agua ahorrado reportado en el primer año de seguimiento presenta el valor máximo y en el segundo año de seguimiento decrece grandemente. Por lo que, es muy probable que para el tercer año de seguimiento se mantenga un valor pequeño, y se podría inferir que el volumen ahorrado presentará un comportamiento asintótico, análogo al que presenta la lámina aplicada, la superficie y el número de parcelas.

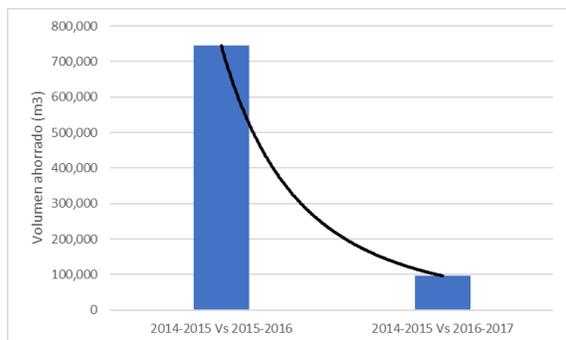


Figura 3. Evolución Volumen ahorrado, Modulo II-2 Tetameche

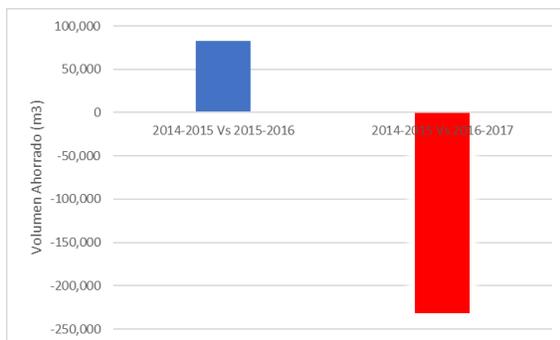


Figura 4. Evolución Volumen ahorrado, Modulo III-1 El Sabinal

Parcelas que requieren diseño y trazo del riego

El diseño y trazo del riego se deben realizar en combinación con las actividades básicas de asistencia técnica, para mejorar grandemente el tiempo de riego, la eficiencia de aplicación y la uniformidad de aplicación del agua.

Las parcelas que requieren el trazo del riego disponen de una configuración topográfica específica, en donde no se requieren trabajos formales de nivelación de terrenos, y es suficiente el trazo para mejorar las variables indicadas. Sin embargo, esta actividad requiere mayor involucramiento e inversión por parte del productor, que las actividades básicas, ya que, en muchas ocasiones, implica un incremento de los costos de producción, por concepto de labores culturales. Por esta razón, en la mayoría de las superficies RIGRAT, fue difícil convencer a los productores que implementaran los trazos recomendados por los Responsable Técnicos.

En el caso particular de la Responsable Técnica 01 del Módulo II-2 Tetameche, se logró convencer a varios productores para que adoptaran la recomendación de diseño y trazo de riego, pero solamente en algunas parcelas repitieron los cultivos (maíz, frijol, sorgo o garbanzo) antes y después de la adopción del diseño y trazo. El Tabla 1 muestra los resultados obtenidos, con las recomendaciones de diseño y trazo, en dos parcelas sembradas con maíz en el año de implantación (2014-2015) y en el segundo año de seguimiento (2016-2017). En este Cuadro se observa que la segunda parcela reportó los mejores valores: de lámina aplicada que se redujo a 88.8 cm, de productividad del agua que se incrementó hasta 1.35 kg/m³ y de utilidad neta que ascendió hasta 15,300 \$/ha. Los mejores resultados de la segunda parcela se deben a que el productor atendió mejor las recomendaciones de asistencia proporcionadas de la Responsable Técnica.

Tabla 1. Indicadores productivos en parcelas con diseño y trazo de riego

| LOTE | SUP (ha) | Lámina aplicada (cm) | | Productividad agua (kg/m ³) | | Utilidad neta (\$/ha) | |
|----------|----------|----------------------|-----------|-----------------------------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| | | 2014-2015 | 2016-2017 | 2014-2015 | 2016-2017 | 2014-2015 | 2016-2017 |
| 14104-00 | 9.30 | 104.75 | 98.14 | 0.97 | 1.19 | 7,326 | 14,960 |
| 14195-00 | 10.27 | 102.37 | 88.83 | 1.05 | 1.35 | 8,801 | 15,300 |
| TOTAL | 19.57 | 103.50 | 93.25 | 1.01 | 1.27 | 8,100 | 15,138 |



Parcelas que requieren nivelación de tierras

La nivelación de tierras también se debe realizar en combinación con actividades básicas de asistencia, ya que esto, también, permite mejorar grandemente el tiempo de riego, la eficiencia de aplicación y la uniformidad de aplicación del agua.

La nivelación de tierras requiere que el productor este totalmente convencido de los beneficios de estos trabajos, ya que existen dos factores relacionados con el costo por unidad de área de la nivelación de tierras, los cuales dificultan la participación de los productores: el primero es el alto costo que ofrecen las empresas particulares, el segundo es el bajo costo que maneja la mayoría de los módulos de riego. Actualmente, el costo comercial por unidad de área es del orden de 15,000 \$/ha, para un volumen de corte de 500 m³/ha, mientras que el costo que ofrecen los módulos de riego, cuando hacen estos trabajos por administración, puede ser menor de 5,000 \$/ha. Esta situación provoca que la mayoría de los productores prefieran la nivelación ejecutada por los módulos de riego, a pesar de que éstos no cuenten con la capacidad necesaria para atender las necesidades de nivelación, ya que los periodos de tiempo en que las parcelas están libres de cultivo son muy cortos.

El Tabla 2 muestra los resultados obtenidos, con la aplicación de las recomendaciones de asistencia técnica proporcionadas por la Responsable Técnica 01 del Módulo II-2 Tetameche, en dos parcelas que fueron niveladas en los últimos años, con el programa de nivelación del Módulo de riego, y en las que se sembró maíz en el año de implantación (2014-2015) y en el segundo año de seguimiento (2016-2017). En este Cuadro se observan resultados muy parecidos en ambas parcelas, en cuanto a lámina aplicada y la productividad del agua, pero en el caso de la utilidad neta, en la segunda parcela ascendió hasta un valor de 17,340 \$/ha, debido al mejor seguimiento del paquete tecnológico productivo del cultivo de maíz.

Tabla 2. Indicadores productivos en parcelas con nivelación del terreno

| LOTE | SUP (ha) | Lámina aplicada (cm) | | Productividad agua (kg/m ³) | | Utilidad neta (\$/ha) | |
|----------|----------|----------------------|-----------|-----------------------------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| | | 2014-2015 | 2016-2017 | 2014-2015 | 2016-2017 | 2014-2015 | 2016-2017 |
| 12018-00 | 14.00 | 100.50 | 85.21 | 1.01 | 1.50 | 7,326 | 16,320 |
| 14147-00 | 10.00 | 101.67 | 85.18 | 1.05 | 1.54 | 8,801 | 17,340 |
| TOTAL | 0.00 | 100.99 | 85.19 | 1.03 | 1.52 | 7,941 | 16,745 |

Análisis de las actividades de asistencia técnica

A partir de los patrones de cultivo, de las láminas aplicadas y de los volúmenes servidos en las parcelas, en los tres últimos años agrícolas, los Responsables Técnicos, realizaron un análisis por cultivo de la evolución de la superficie sembrada y del volumen anual potencial de ahorro, para las parcelas con necesidades específicas de algún grupo de acciones de asistencia técnica. En el caso particular de la superficie de maíz que fue asesorada por la Responsable Técnica 01 del Módulo II-2 Tetameche, resultó lo siguiente:

Las actividades básicas (caracterización, seguimiento, medición y evaluación) se deben continuar aplicando en toda la superficie RIGRAT y pueden tener en efecto positivo en una superficie anual del orden de 100 ha, en la cual se puede llegar a una lámina de 97 cm, con una eficiencia de aplicación de 80%; el diseño y trazo del riego se requiere en una superficie de 240 ha, en la cual es posible reducir la lámina aplicada a un valor de 86 cm, con una eficiencia de aplicación de 90%; y la nivelación de terrenos es necesaria en una superficie de 250 ha, donde también se puede reducir la lámina aplicada a 86 cm, con una eficiencia de aplicación de 90%. La Figura 5 muestra la superficie y el volumen anual potencial de ahorro, para los tres grupos de actividades de asistencia técnica.

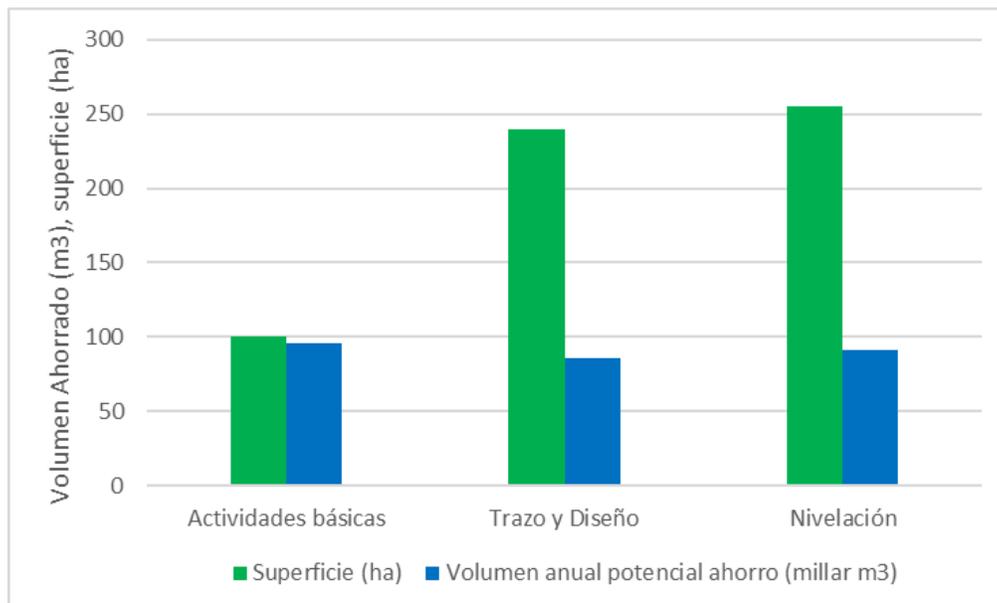


Figura 5. Volumen anual potencial de ahorro por grupo de actividad de asistencia técnica

Conclusiones

Un Responsable Técnico que ejecuta correctamente las actividades básicas de asistencia técnica, en una superficie RIGRAT compacta de 1,000 ha con un patrón de cultivos basado en maíz, frijol, garbanzo y sorgo, puede generar un volumen de agua ahorrado de hasta 740,000 m³, en el primer año de seguimiento del programa, y a partir del segundo año de seguimiento, este volumen se reduce de manera asintótica hasta un valor de al menos 100,000 metros cúbicos.

Con la ejecución sistemática únicamente de las actividades básicas de asistencia técnica, en el caso del maíz (cultivo dominante en la superficie RIGRAT), es posible incrementar la eficiencia de aplicación hasta un 80% y reducir la lámina aplicada hasta 97 centímetros.



En el caso del cultivo dominante (maíz), la seriación de las actividades de asistencia técnica, iniciando con las actividades básicas y concluyendo con las actividades que implican mayor dificultad para su adopción por parte del productor (diseño y trazo y la nivelación de terrenos), permite incrementar la eficiencia de aplicación hasta un 90% y reducir la lámina aplicada hasta un valor de 86 centímetros.

La nivelación de terrenos puede reportar el mayor impacto en los indicadores productivos, si se aplican correctamente las actividades básicas de asistencia y el paquete tecnológico productivo del cultivo, en el caso del maíz, es posible obtener un incremento del 50% de la productividad del agua promedio, en el segundo año de seguimiento, respecto al año de implantación, y en el caso de la utilidad neta promedio del productor es posible duplicar su valor en el mismo periodo de tiempo, siempre que se presenten buenas condiciones de comercialización.

Referencias Bibliográficas

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2014), Informe Final del proyecto RD 1433 “Realizar la Implantación, Seguimiento y Evaluación en 8,000 ha que se Incorporan al Proyecto Riego por Gravedad Tecnificado, en 2014, en el Distrito de Riego 063 Guasave, Sinaloa”, México. Ed. IMTA, 155 p.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (2017), Componente 1 “Coordinación, seguimiento y evaluación del RIGRAT en 9,000 ha del DR 063 Guasave, Sinaloa”, del Informe Final del proyecto RD 1624 “Desarrollar los trabajos de coordinación, seguimiento y evaluación de la componente riego por gravedad tecnificado, en una superficie de 22,000 hectáreas, en los Distritos de Riego 063 Guasave, 075 Rio Fuerte y 076 Valle del Carrizo, Estado de Sinaloa”, México. Ed. IMTA, 130 p.