

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



Memorias de Actividades de Experiencia Profesional

Por:

JORGE SANCHEZ GUTIERREZ

MEMORIAS

Presentada como requisito parcial para obtener el título del:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACION

Saltillo, Coahuila, México
Marzo 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

INDICE GENERAL

DIVISIÓN DE INGENIERIA

INDICE GENERAL 3

INDICE DE FIGURAS DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE 4

1. INTRODUCCION 5

2. AGRADECIMIENTOS 6

3. RESUMEN Memorias de Actividades de Experiencia Profesional 7

4. DESARROLLO DE ACTIVIDADES PROFESIONALES 9

5. RIEGO POR GRAVEDAD TECNICA (RIGAT) Por: **JORGE SANCHEZ GUTIERREZ** 12

5.1. Muestreo de suelos 13

5.2. Levantamientos topográficos para determinar pendientes naturales 14

5.3. Pruebas de riego para generar la curva de la curva de riego 15

5.4. Cálculo del riego en tiempo real en función de las características del suelo, clima y cultivos 18

5.5. ASESORAR A **INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACION** 21

5.5.1. Medir la cantidad de agua entregada a las parcelas con alveolares, o por medio de métodos volumétricos 25

5.7. Capacitación a productores en uso eficiente del agua 27

5.8. Levantar las cuadrículas Aprobada por el Comité de Asesoría: 28

5.9. Elaboración del proyecto Dr. Luis Samaniego Moreno Asesor Principal 28

5.10. Supervisar los trabajos de nivelación 30

6. CONCLUSIONES 32

7. ANEXOS TOPOGRAFICOS 33

Dr. Sergio Z. Garza Vara
Coasesor

M.C. Aaron I. Melendres Álvarez
Coasesor

Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"



Coordinación de la División
de Ingeniería

Dr. Luis Samaniego Moreno
Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México
Marzo 2018

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE FIGURAS	4
1. INTRODUCCIÓN.	5
2. AGRADECIMIENTOS.....	6
3. RESUMEN CRONOLÓGICO DE ACTIVIDADES.....	7
4. DESARROLLO DE ACTIVIDADES PROFESIONALES	9
5. RIEGO POR GRAVEDAD TECNIFICADO (RIGRAT).	12
5.1. Muestreo de suelos.	13
5.2. Levantamientos topográficos para determinar pendientes naturales.....	14
5.3. Pruebas de riego para generar una primera receta de riego.	15
5.4. Cálculo del riego en tiempo real en función de las características del suelo, clima y cultivos.	18
5.5. Asesorar a los productores en la selección del gasto óptimo para el riego.	21
5.6. Medir la cantidad de agua entregada a las parcelas con aforadores o por medio de métodos volumétricos.....	25
5.7. Capacitación a productores en uso eficiente del agua	27
5.8. Levantar las cuadrículas topográficas en campo.	28
5.9. Elaboración del proyecto de nivelación de tierras.....	29
5.10. Supervisar los trabajos de nivelación.	30
6. CONCLUSIONES.	32
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.-Medición de gasto en la zanja regadora durante prueba de riego.	17
Figura 2.-Perfil de humedad, generado con el software RISUR después de evaluar el avance-recesión de la prueba de riego.	17
Figura 3.-Perfil de humedad generado con el diseño del gasto óptimo una vez obtenidos los parámetros K_s y H_f	18
Figura 4.-Gráfica de reposición de agua al cultivo.....	19
Figura 5.-Gráfica comparativa de volúmenes utilizados con y sin receta.	20
Figura 6.- Gráfico comparativo gasto aplicadoVs gasto recomendado	22
Figura 7.-Comparativo de láminas de riego con y sin receta.....	24
Figura 8.-Medición de gasto en canal utilizando el medidor de flujo fluxsense.	26
Figura 9.-Medición de gasto utilizando vertedor triangular de pared delgada.	27
Figura 10.-Trazo de cuadrícula para proyecto de nivelación.....	29
Figura 11.-Colocación y programación del transmisor laser previo a iniciar la nivelación.	31

1. INTRODUCCIÓN.

En el presente trabajo se abordarán y describirán las diversas actividades en las cuales me he desempeñado profesionalmente a partir del mes de julio de 2004 a la fecha. Dichas actividades se pueden describir como ampliamente satisfactorias ya que en todas y cada una me he desempeñado dentro del área en la cual fui preparado académicamente; y aunque en ocasiones hubo ciertas deficiencias también es cierto que fueron solventadas recurriendo a la investigación bibliográfica correspondiente para cada caso.

En este trabajo se abordarán, lo mismo, temas de carácter técnico profesional como de carácter social, los cuales son de igual o mayor importancia que los primeros pues es primordial el contar con la participación de la sociedad para que los diferentes proyectos se ejecuten y desarrollen adecuadamente.

Es importante resaltar que en el desempeño de mi labor profesional no ha sido sencillo contabilizar por mucho tiempo un solo trabajo sobre todo al inicio de mi vida laboral como profesionista ya que la mayoría de los trabajos en los cuales me desempeñe solo fueron por objetivos o proyectos cumplidos, cubriendo el espacio que algún otro había dejado sin opción a ser contratado por largo tiempo. Dicha situación me permitió desarrollar aptitudes para lograr metas y resultados satisfactorios en corto tiempo.

Dentro de las actividades que se describen en este documento destaca la incursión en varios programas de Gobierno Federal enfocados a la asesoría, capacitación, elaboración y puesta en marcha de proyectos de inversión y de desarrollo rural o comunitario.

2 AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar extiendo mi más sincero agradecimiento a mi esposa cuyo esfuerzo y dedicación ha sido un aliciente para lograr alcanzar las metas que me he propuesto, pero sobre todo porque su fortaleza y tenacidad han inspirado y mantenido unido nuestro hogar.

A mis hijos que con su cariño y ternura me han hecho un mejor hombre día con día dándome la fuerza para superarme buscando siempre la unidad familiar.

A mis profesores en los diferentes niveles educativos ya que sin su guía no habría sido posible enfrentar los retos de una vida profesional altamente demandante; gracias por darme las herramientas teóricas y prácticas para competir y salir adelante en el ámbito profesional.

En fin a todos aquellos que en su momento no creyeron en mí, que incluso me tacharon de loco e irresponsable. Gracias porque fueron ellos los que anclaron mi deseo por superarme y salir del medio al cual esperaban verme anclado de por vida.

3. RESUMEN CRONOLÓGICO DE ACTIVIDADES.

Del 1 de julio de 2004 al 30 de abril de 2005 me desempeñé como técnico operativo en el programa PIASRE de la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA) con base en la ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca; teniendo como funciones las de enlace entre los municipios de Tamazulapam del progreso, Huajolotitlán, Santiago Chazumba, Tezotlán de Segura y Luna, San Juan Coixtlahuaca, Santa María Nativitas y Santa María Chachoapán; con la CONAZA. Entre las diferentes actividades a realizar destaca la revisión y supervisión de proyectos de desarrollo rural en los cuales se contempló la construcción de diversas obras como son: presas de almacenamiento de agua con concreto ciclopio, presas de gaviones para retención de azolves así como para infiltración de agua, presas de mampostería para almacenamiento de agua, aljibes recubiertos con geo membrana, bordos y ollas de tierra compactada; así como diversas acciones tendientes a la conservación de suelo y agua como son el establecimiento de especies vegetales frutícolas y forestales, en terrazas de formación sucesiva aprovechando y eficientando los recursos propios naturales y humanos con los que se contaba en las localidades donde se realizaron dichos proyectos.

Cabe mencionar que varios de esos proyectos fueron elaborados por un servidor, toda vez que los municipios no contaban con personal capacitado para la elaboración de los mismos; situación que ponía en riesgo la aplicación del recurso y en consecuencia el reintegro del mismo a las arcas nacionales, dejando de beneficiar a la población objetivo. Situación que orilló a hacer el papel de juez y parte, ésta acción en ningún momento implicó dejar de lado la calidad en la elaboración de los proyectos pues el mismo personal de la dependencia, se encargó de revisar y en su caso auditar dicho trabajo.

El siguiente trabajo donde me desempeñé fue en la empresa riegos y equipos agrícolas en la ciudad de San Juan del Río, Querétaro, ocupándome del área de diseño e instalación de sistemas de riego. Siendo la principal actividad la de instalación de sistemas de riego por goteo en parcelas.

Posteriormente fui contratado por el Municipio de Ezequiel Montes, Querétaro para suplir la vacante dejada por el técnico responsable del programa de microcuencas dependiente del FIRCO para dar seguimiento al Plan Rector de Producción y Conservación (PRPC) de la microcuenca Boxasní periodo en el cual elaboré y puse en marcha dos proyectos integrales de desarrollo rural, uno para el ejido de Ezequiel Montes y el otro para el Ejido de los Pérez en el mismo municipio. En este mismo periodo se dio seguimiento al PRPC de la microcuenca Boxasní y elaboré el PRPC de la microcuenca el sombrero.

De marzo de 2007 a abril de 2009 trabajé para la empresa FRESH-MEX productora de pimiento morrón en invernaderos tipo holandés de cristal; donde me desempeñé como supervisor en el área de manejo de cultivo teniendo bajo mi mando un equipo de 12 personas realizando actividades de desbrote, raleo y enrollado en 7.5 ha.

Una de las actividades que fueron la columna vertebral en este trabajo fue la constante capacitación a la gente bajo mi mando en temas como nutrición vegetal, identificación de plagas y manejo de emergencias.

Del 2009 a la fecha me he desempeñado como asesor técnico independiente brindando servicios de asesoría en producción de tomate en invernadero, elaboración y puesta en marcha de proyectos productivos agropecuarios industriales y de servicios los cuales fueron gestionados ante instancias como SRA, SEDATU, INAES, CDI Y SAGARPA.

Así mismo a partir del 2009 he prestado mis servicios para diferentes programas gubernamentales como son PROMAF, AFPT, y el RIGRAT este último de septiembre del 2014 a la fecha, en donde me desempeñé como responsable técnico en el módulo III del ejido La Palma y los ejidos La Venta y La Lira pertenecientes al módulo II ambos módulos adscritos al Distrito de Riego 023 de San Juan del Río, Querétaro.

4. DESARROLLO DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

En este apartado describiré brevemente algunos de los proyectos y programas más importantes en los cuales he trabajado profesionalmente mismos que se mencionan a continuación:

En la CONAZA elabora y puse en marcha 18 proyectos integrales en los cuales se consideraron las necesidades de la comunidad según su potencial productivo así como la disponibilidad de recursos para la producción, de acuerdo a la planeación realizada en el Plan Rector de Producción y Conservación realizado previamente para la demarcación geográfica y social correspondiente; en estos proyectos se consideraron obras y acciones tendientes a la conservación de suelo y agua (obras para almacenamiento de agua, obras para control de aguas brancas, obras de conservación de suelo, establecimiento de huertos de frutales, establecimiento de especies con valor forrajero, etc).

Algunas de las obras realizadas se describen a continuación:

Presa de concreto ciclópeo para almacenamiento de agua para abrevadero y riego parcelario, en la localidad de Tandique Municipio de Tamazulapam del Progreso, Oaxaca. Esta obra fue diseñada y calculada por personal del Instituto Tecnológico de Oaxaca; sin embargo tuve que verificar en conjunto con mi supervisor que los cálculos fueran correctos además de elaborar el proyecto en el formato requerido para tal fin establecido por la CONAZA.

En esta obra mi papel principal fue la de supervisión y enlace entre el municipio y la CONAZA; entre los impactos obtenidos con la construcción de la presa fue: el almacenamiento de 80,000 m³ de agua en una zona donde el vital líquido es escaso; beneficiando a una población de 240 habitantes, 200 cabezas de ganado y 20 ha. de tierra agrícola las cuales se convirtieron de temporal a riego.

Presa de mampostería para almacenamiento de agua para abrevadero de ganado, en Santiago Chazumba, Oaxaca. Esta obra se presentó como parte de un proyecto integral; para la realización del proyecto fue necesario realizar cálculos hidráulicos

consistentes en estabilidad de la cortina, características de la cuenca y su capacidad de escurrimientos, capacidad de almacenamiento.

Características de la obra:

Altura 4 m

Ancho de la base 3 m

Dentellón 1.5 m

Longitud de la cortina 22 m.

La obra se diseñó con una capacidad de almacenamiento de 5000 m³ misma que sería abastecida por un manantial que en época de estiaje suministra un gasto de 0.5 lps y durante el periodo de lluvias 4 lps, esto para satisfacer las necesidades de 350 cabezas de ganado mayor.

Presas de gaviones para infiltración de agua así como para control de aguas broncas y derivadoras para el llenado de aljibes recubiertos con geo membrana, en el municipio de San Juan Bautista Coixtlahuaca, Oaxaca; en estas obras fue de vital importancia las recomendaciones existentes en el manual de conservación del suelo y el agua del (COLPOS), dichas obras tuvieron como principal objetivo incrementar el volumen de agua disponible para el abasto de la población por medio de la infiltración. Siendo necesario realizar cálculos de capacidad de escurrimiento de la cuenca,

Bordos de tierra compactada en la localidad de San José Chichihualepec Municipio de Santiago Chazumba; estas obras formaron parte de un proyecto integral de manejo de agostaderos; requiriendo de hacer cálculos referentes a capacidad de escurrimiento de las diferentes cuencas donde se construyeron las obras de almacenamiento, también se calculó el gasto en los causes de los arroyos, por el método de "manning" con base a las huellas máximas, para el buen funcionamiento de las obras principales se realizaron obras complementarias como son pequeñas presas derivadoras de mampostería, muros de contención de azolves y canales de llamada.

El proyecto contemplo también la división de potreros y la rehabilitación de agostaderos con la siembra de pastos y la disseminación de semillas de plantas nativas con potencial

forrajero para garantizar el suministro de agua y alimento a 300 cabezas de ganado mayor y 400 de ganado menor.

En la localidad de San Juan Diquiyu Municipio de Tezotlán de Segura y Luna, Oaxaca; se proyectaron, diseñaron y construyeron dos aljibes, recubiertos con geo membrana para almacenamiento de agua para riego de huerta de frutales de hoja caduca aprovechando la existencia de dos manantiales. Ambos con capacidad de 450 y 300 m³ respectivamente; los cuales serían abastecidos por tres manantiales con gastos de 2, 3.5 y 0.8 lps respectivamente.

El resto de las acciones realizadas para la complementación del proyecto fue el establecimiento de 10 ha de frutales de hoja caduca (durazno, manzano, ciruelo y perales), esto se logró gracias a que la topografía del terreno lo permitió además de ser una zona de clima templado frío.

Con el trabajo realizado en el programa de microcuencas en el municipio de Ezequiel Montes en el Estado de Querétaro se logró la plantación de 70 ha con planta de maguey (Var: Shamini y Manso) a razón de 1000 plantas/ha, así mismo se establecieron 8 km de cercos perimetrales para división de agostadero, con lo que se logró un mejor manejo del mismo implementando un sistema de rotación de potreros; en esta misma dinámica se establecieron 30 ha de especies con valor forrajero, principalmente pastos también se implementó un sistema de diseminación y repoblamiento de cactáceas nativas con lo que se incrementó la capacidad de carga animal de 20 ha/ua a 10 ha/ua.

Entre los proyectos exitosos que se han tenido son: tres módulos de invernaderos de 700 m², 2 granjas porcinas para producción de destete y pie de cría, 6 proyectos de ovinos para producción de destete y pie de cría de los cuales cuatro han incrementado su rebaño en al menos un 50%, en todos los casos se ha requerido de, generar y sustentar las especificaciones técnicas que garantice la operatividad y funcionalidad del proyecto, así como las financieras que sustenten la viabilidad económica.

Durante mi paso por el programa PROMAF se logró consolidar la integración de 215 productores pertenecientes a los ejidos de la Fuente en el Municipio de Tequisquiapan, Querétaro, Tlacote el Bajo en el Municipio de Querétaro, el Blanco y Ajuchitlán en el Municipio de Colón, Querétaro, a una unidad financiera en la cual es posible acceder a créditos e insumos a bajo costo, además de incursionar en un esquema de producción de agricultura por contrato; lo que ha permitido a los productores acceder a financiamiento oportuno, además de un amplio catálogo de insumos como: semillas, agroquímicos y fertilizantes con precios competitivos, en la mayoría de los casos por debajo de los precios que se cotizan en la zona.

En este programa se logró la implementación del paquete tecnológico del INIFAP desarrollado para la zona con el cual se obtuvieron importante mejoras en el manejo del cultivo así como en el periodo post-cosecha.

Dentro del programa de Agricultura Familiar Periurbana y de traspatio (AFPT) se me asignó la operación del programa en la localidad de San Pedro Ahuacatlan Municipio de San Juan del Río, Querétaro en donde el trabajo consistió en promover la creación e instalación de unidades de producción agropecuaria de traspatio. En este programa el objetivo fue establecer 120 unidades familiares de producción de hortalizas, huevo y carne; logrando el establecimiento de 186 unidades en las que se diseñaron unidades de producción hortícola en suelo, pared y azoteas estas últimas bajo un esquema hidropónico o de fertirriego, otro de los esquemas que se tuvieron que diseñar fue la de captación de agua de lluvia y el aprovechamiento de las aguas grises, en algunas ocasiones diseñando sistemas de tratamiento primario de aguas residuales.

5. RIEGO POR GRAVEDAD TECNIFICADO (RIGRAT).

Por último y más importante el programa Riego por Gravedad Tecnificado (RIGRAT) donde he prestado mis servicios como responsable técnico desde septiembre de 2014 a la fecha en este programa las funciones principales consisten en brindar asesoría y asistencia técnica a usuarios del agua en el módulo III del ejido La Palma además de los ejidos La Venta y La Lira en el módulo II ambos módulos adscritos al Distrito de

riego 023 de San Juan del Rio, Querétaro. Atendiendo una superficie de 1000 ha. De las cuales 356 se riegan con agua de pozo profundo y 200 son regadas con agua de origen pluvial almacenada en el bordo "La venta", éstas pertenecientes al ejido La Palma; 215 ha del ejido La Venta cuentan con suministro de agua combinado, de pozo y de la presa "Constitución de 1917". Por último 248 ha pertenecientes al ejido La Lira mismas que son regadas con agua proveniente de la presa "Constitución de 1917".

La operatividad y funcionalidad del programa dependen en su totalidad de llevar a cabo diferentes actividades de la caracterización de parcelas, consistente en: muestro de suelos para la determinación de propiedades físicas (granulometría), determinación de pendientes naturales (riego y drenaje), con el uso de nivel topográfico, por último la realización de pruebas de riego; las cuales son necesarias y son la fase preliminar para la determinación del gasto óptimo, con toda la información recabada en campo se procede a diseñar los calendarios de riego bajo el esquema de riego en tiempo real.

Otro de los componentes del programa, en el cual se pone especial atención es el de la nivelación de tierras, en donde la participación del responsable técnico es de vital importancia, siendo éste el encargado de realizar el levantamiento topográfico para la elaboración del proyecto ejecutivo; en el cual se determinan los volúmenes de cortes y rellenos, al tiempo que se le entrega al usuario copia del mismo en el cual se incluye el presupuesto, por último se lleva a cabo la supervisión del trabajo de nivelación de principio a fin.

5.1. Muestreo de suelos.

El muestreo de suelos es una actividad que se ha realizado durante las diferentes etapas, (implementación y seguimiento del proyecto); dicha actividad se ejecuta siguiendo los pasos siguientes:

- Hacer recorrido por al menos 6 parcelas contiguas con la finalidad de observar las características de las mismas y determinar si las características físicas son homogéneas.

- Hacer un croquis indicando cuales de ellas tienen características similares a la vista con la finalidad de conformar bloques de muestreo (6-10 ha)
- Con el apoyo de una cubeta de 20 l ó bien de un saco harinero y una pala de punta se realiza un recorrido en zigzag a lo largo de la parcela cubriendo dos tercios al centro, tomando muestras a intervalos equidistantes.
- En cada uno de los vértices se toma una muestra de suelo haciendo un hoyo con la pala de punta y extrayendo un gajo de entre tres y cinco cm de grosor por 30 cm de longitud.
- De la muestra extraída se toma el tercio medio y se coloca dentro de la cubeta o costal según sea el caso.
- Una vez terminado el recorrido se mezcla el volumen de suelo recolectado hasta tener una mezcla lo más homogéneo posible, la cual se extiende formando un rectángulo que es dividido en cuatro cuadrantes, desechando dos cuartos de esquinas opuestas, éste procedimiento se realiza hasta que solo quedan entre 1 y 1.5 l de volumen de suelo.
- El volumen de suelo restante se coloca dentro de una bolsa de plástico junto con su etiqueta con los datos de identificación de la muestra.

5.2. Levantamientos topográficos para determinar pendientes naturales.

Esta actividad ha sido realizada a la par con otras como lo es el muestreo de suelos, medición de humedad en el suelo, aforo de gasto hídrico y pruebas de riego siendo una actividad que se lleva a cabo por temporadas sobre todo cuando las parcelas se encuentran libres de material vegetativo o bien cuando el cultivo está, a no más de 50 cm de altura condición que dificulta la lectura de datos, principalmente cuando el instrumento utilizado es el nivel topográfico.

Si la actividad en cuestión se realiza utilizando un nivel topográfico, aunque en ocasiones también es utilizada una estación total con la cual es más eficiente el trabajo sin embargo tiene la desventaja de que se requiere una mayor capacitación por parte de los auxiliares (baliceros); para la ejecución de estos trabajos se sigue un sencillo procedimiento el cual consiste en colocar el instrumento topográfico en un lugar estratégico de tal manera que se alcancen a visualizar el mayor número de vértices los

cuales son recorridos por el estadalero ó balicero; en caso de utilizar nivel topográfico la distancia máxima es de hasta 200 m, en cambio cuando el instrumento utilizado es la estación total las distancias son de hasta 1000 m siempre y cuando no existan obstáculos físicos que limiten la visibilidad. Los auxiliares realizan un recorrido posicionando el estadal o baliza en cada uno de los vértices de las parcelas a las que se determinaran pendientes.

Al terminar el levantamiento en campo se procede a analizar los datos y calcular las pendientes por medio de métodos matemáticos.

$$So = ((\text{cota mayor} - \text{cota menor}) / \text{distancia}) \times 100.$$

5.3. Pruebas de riego para generar una primera receta de riego.

El movimiento del agua en el suelo puede ser medido y cuantificado realizando pruebas de riego, dicha actividad consiste en medir la velocidad de avance que tiene cierto gasto de agua introducido al surco o melga en intervalos equidistantes (cada 20 ó 30 m según se determine considerando la longitud del surco), esta actividad se realiza con la finalidad de determinar el gasto óptimo. Este gasto no es tan pequeño que provoque perfiles de humedecimiento exagerados ocasionando percolación al inicio del surco. Ni es tan grande que provoque perfiles de humedecimiento con la percolación cargada al final. Es un gasto intermedio entre los dos anteriores, además es menor al gasto máximo no erosivo y mayor del infiltrable obtenido por simulación del riego, que se debe ingresar al surco a fin de contar con una distribución uniforme de la lámina de agua a lo largo del mismo; el resultado de dicha actividad es la obtención principalmente de los parámetros K_s y H_f con los cuales es posible evaluar la distribución espacial del agua.

Para la realización de las pruebas de riego se sigue la siguiente metodología:

- Verificar la distancia longitudinal del surco o melga con el apoyo de los planos existentes en autoCAD.
- Determinar las distancias que se utilizaran para la medición del avance y recesión del agua a lo largo del surco, (20, 30 o 50 m).
- Colocar banderas en cada uno de los puntos marcados; dichas banderas deben ser visibles a distancia.

- Aforar el gasto que sale en la boca toma y a su vez el que entra en cada uno de los surcos, para lo que se utiliza el aforador FluXsense además de vertedores triangulares de pared delgada; esta actividad se realiza dos o tres veces durante el periodo de tiempo que dure el riego.
- Anotar el tiempo en que el agua llega (avance) a cada una de las estaciones (la hora del día en formato de 24 H).
- Al terminar el riego se cierran las boquillas y se procede a medir la recesión; la cual consiste en medir la velocidad en que el agua se seca o bien se consume en el surco, anotando el tiempo en que esto sucede en cada una de las estaciones establecidas.
- Con los datos obtenidos se procede a alimentar el apartado pruebas de riego, del programa SAPRIGRAT para evaluar el riego, con el apoyo del programa RISUR y así estar en condiciones de obtener los parámetros K_s Y H_f además de las recetas de riego.
- Los gráficos generados después del análisis se presentan, en la mayoría de los casos a los usuarios y/o regadores con la finalidad de hacerlos participes en la toma de decisiones y la adopción del paquete tecnológico en el uso adecuado del agua.



Figura 1.-Medición de gasto en la zanja regadora durante prueba de riego.

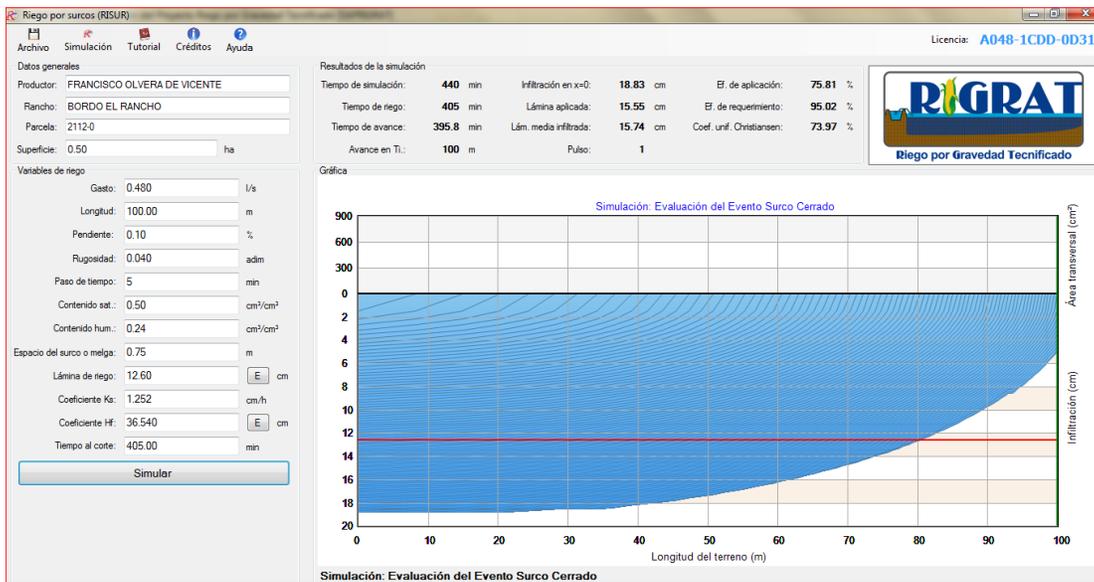


Figura 2.-Perfil de humedad, generado con el software RISUR después de evaluar el avance-recesión de la prueba de riego.

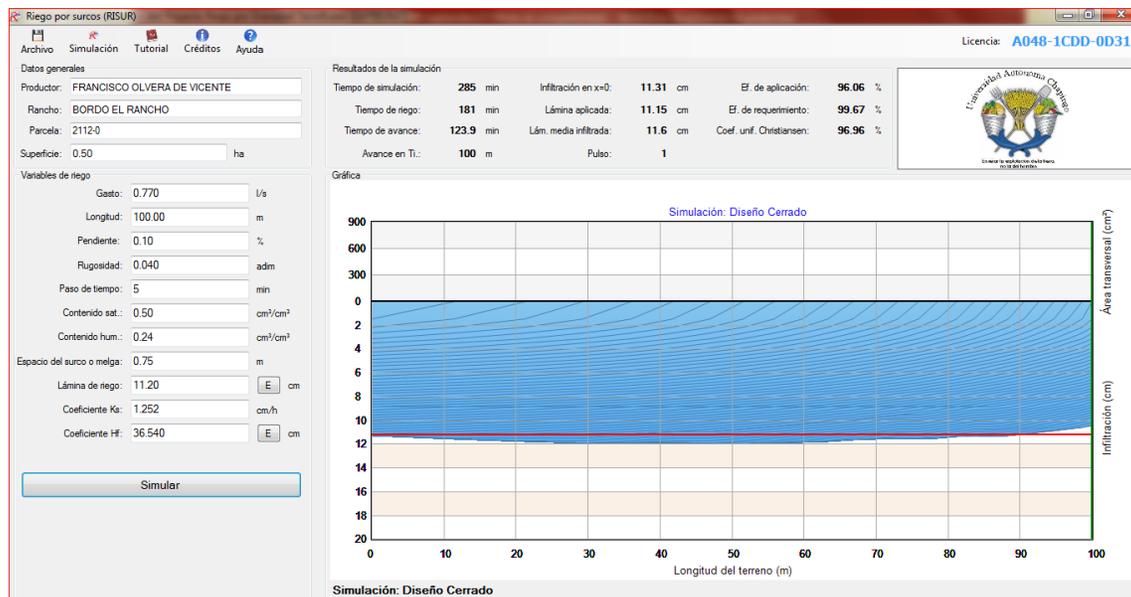


Figura 3.-Perfil de humedad generado con el diseño del gasto óptimo una vez obtenidos los parámetros Ks y Hf.

5.4. Cálculo del riego en tiempo real en función de las características del suelo, clima y cultivos.

El riego en tiempo real es el cuándo y el cuanto regar, o bien el momento del riego y la lámina por reponer; para ello se usan principalmente dos métodos: el de balance de humedad y medición directa.

En el primero se requiere de estaciones climatológicas automatizadas para contar con la información diaria de: precipitación, evapotranspiración, velocidad del viento, radiación y temperaturas, para llevar un balance diario o semanal del agua del suelo.

En el segundo método se utilizan los medidores de humedad de suelo calibrados como los TDR. Los usuarios también pueden estimar el momento de riego con el aspecto de las plantas, pero es muy errático.

Como es de suponerse es un proceso que requiere de una mayor capacidad de entendimiento; por lo que es de vital importancia la participación activa del responsable técnico con los productores, concientizándolos en el uso de tecnologías y datos climatológicos, sin embargo ambas herramientas no están, o no son, algo cotidiano

para la mayoría de los productores, por esta razón y con la finalidad de hacer uso de ellas se les induce a visualizar el reporte meteorológico en los noticiarios de su preferencia; este tipo de sugerencia se hace lo mismo en las sesiones de capacitación grupales como individualmente en pláticas personales en campo.

Se agrega una imagen para ilustrar el seguimiento de la humedad del suelo, para la determinación del momento del riego.

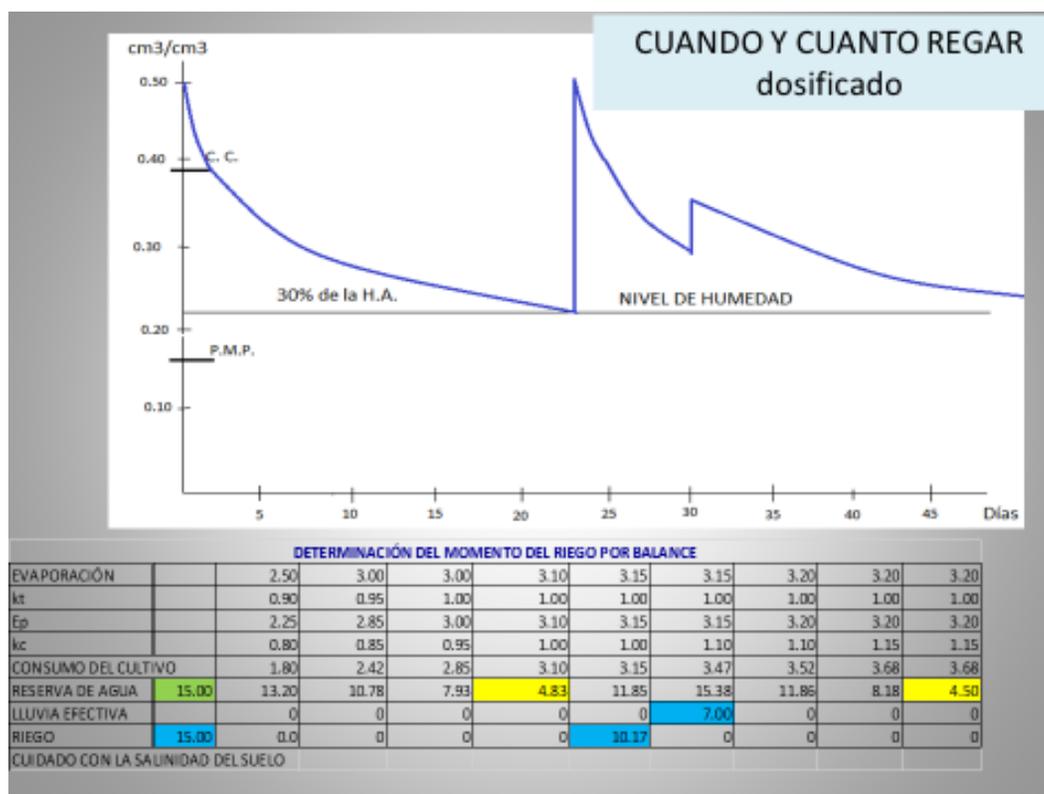


Figura 4.-Gráfica de reposición de agua al cultivo.

En la imagen anterior se puede apreciar el abatimiento de la humedad indicado con la línea en declive así como la recuperación de la misma después de cierto periodo (línea vertical) ya sea por efecto de la presencia de lluvia o la aplicación de un riego.

Con la finalidad de brindar una asesoría adecuada y coherente con el cálculo del riego en tiempo real es necesario contar con datos climatológicos como: precipitación, temperatura máxima y mínima promedio del periodo en cuestión, velocidad del viento, humedad en el suelo, tipo de cultivo, edad del cultivo, etc... son este tipo de factores lo

que hace que el responsable técnico, deba involucrarse seriamente en el proceso de apropiación de la tecnología que conlleva la aplicación del riego en tiempo real.

Una vez realizados los diferentes trabajos de caracterización de parcelas, se está en condiciones de poder evaluar cuantitativamente los volúmenes de agua utilizados con y sin recomendación del responsable técnico; considerando que el ahorro de agua es la base fundamental del programa. Resulta de vital importancia realizar cada uno de los trabajos tomando en cuenta el mínimo detalle.

El uso eficiente del agua no sólo implica que haya un ahorro en el consumo del vital líquido, también infiere en factores como son: menor desgaste del equipo de bombeo, menor costo en el suministro, mayor eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes y en consecuencia incremento en la producción.

A continuación se presenta un gráfico donde se comparan los volúmenes utilizados durante el riego en condiciones normales (según lo hace el regador), y los recomendados para la misma parcela y bajo las mismas características de humedad en el suelo, después de realizada una prueba de riego.

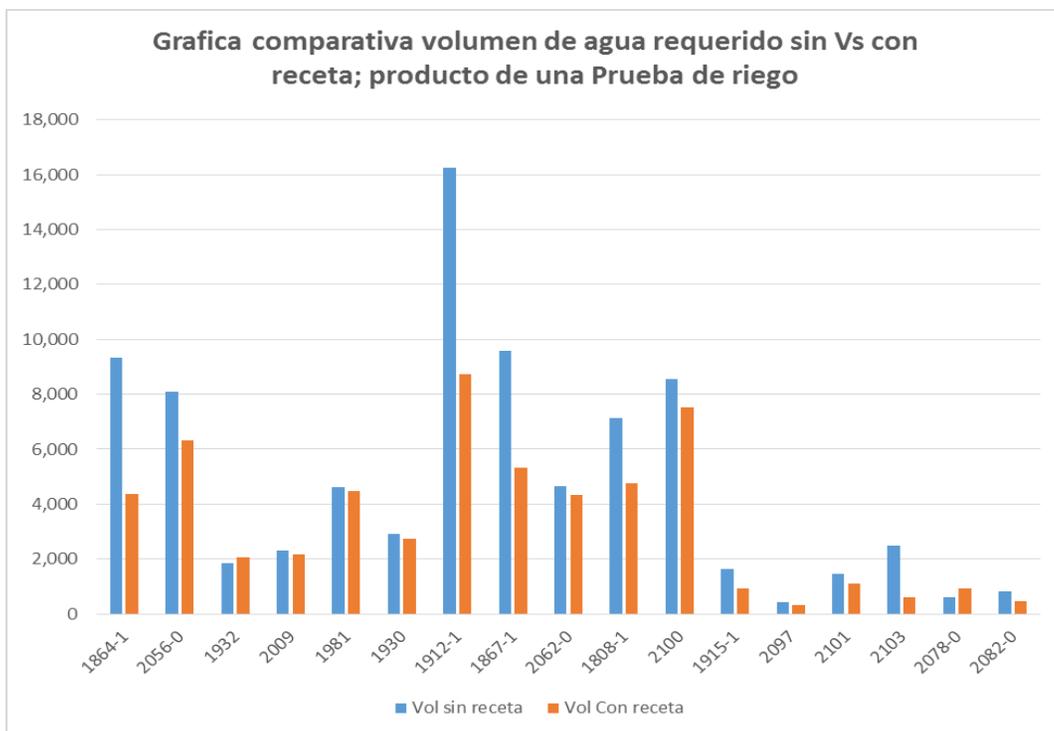


Figura 5.-Gráfica comparativa de volúmenes utilizados con y sin receta.

Como puede apreciarse en la gráfica anterior, es posible utilizar volúmenes más pequeños adoptando el paquete tecnológico que se brinda, con la adopción de las recomendaciones del programa RIGRAT; pudiendo tener ahorros de agua entre 2000 hasta 4000 m³ de agua por ha. Pues como se muestra las parcelas donde se aplicó correctamente el gasto recomendado por surco el volumen aplicado es casi similar al volumen recomendado (1932, 2009, 1981, 1930, etc), las parcelas donde pareciera que los volúmenes son exagerados es porque son parcelas irregulares y las mediciones se hacen tomando en cuenta la distancia media de las longitudes del surco.

5.5. Asesorar a los productores en la selección del gasto óptimo para el riego.

La selección del gasto óptimo es de vital importancia para la correcta distribución del agua en el surco (espacio-tiempo), ya que de esto depende en gran parte que una planta cualquiera reciba la misma cantidad de agua independientemente del lugar que ocupe a lo largo del surco y/o melga.

Para lograr que esto ocurra se debe contar con datos teóricos y de campo que sirven como parámetros para alimentar la ecuación del gasto óptimo y de esta forma calcular la cantidad de agua que debe entrar al surco o melga en función de la textura, longitud, pendiente topográfica condición de humedad del suelo y etapa fenológica del cultivo.

Como se ha mencionado en otros apartados este ha sido un proceso que involucra sesiones de capacitación grupal e individual, durante las cuales se han expuesto temas referentes a la importancia que tiene el realizar un riego, que cumpla con los criterios de eficiencia en aplicación y de requerimiento; finalmente se ha buscado trabajar principalmente con aquellos productores líderes y cooperantes como punta de lanza, que logren permear a la totalidad de la población de usuarios atendidos para alcanzar los objetivos del programa.

En este apartado solo se mencionan o enumeran 31 productores con mismo número de parcelas en las que se ha ejecutado al menos una prueba de riego, obteniendo los parámetros Ks y Hf cuyos valores son esenciales para la obtención del gasto óptimo;

este tipo de información se le facilita al productor y/o regadores, con la finalidad de involucrarlos, y comprendan la importancia que tiene el aplicar el gasto óptimo al surco uniformizando la lámina de riego.

Para este caso sólo se mencionan parcelas y productores del módulo II La Palma, ya que es en esta sección de trabajo donde se ha realizado hasta el momento el mayor número de pruebas de riego; en general con la aplicación del gasto óptimo, se han tenido menores tiempos de riego disminuyendo en promedio una hr/ha, dicha situación ha sido favorable para el área de pozos, sin embargo en la zona del bordo se ha tenido mayor resistencia al cambio ya que en esta sección el pago del agua es por superficie regada, y no por volumen de agua utilizado.

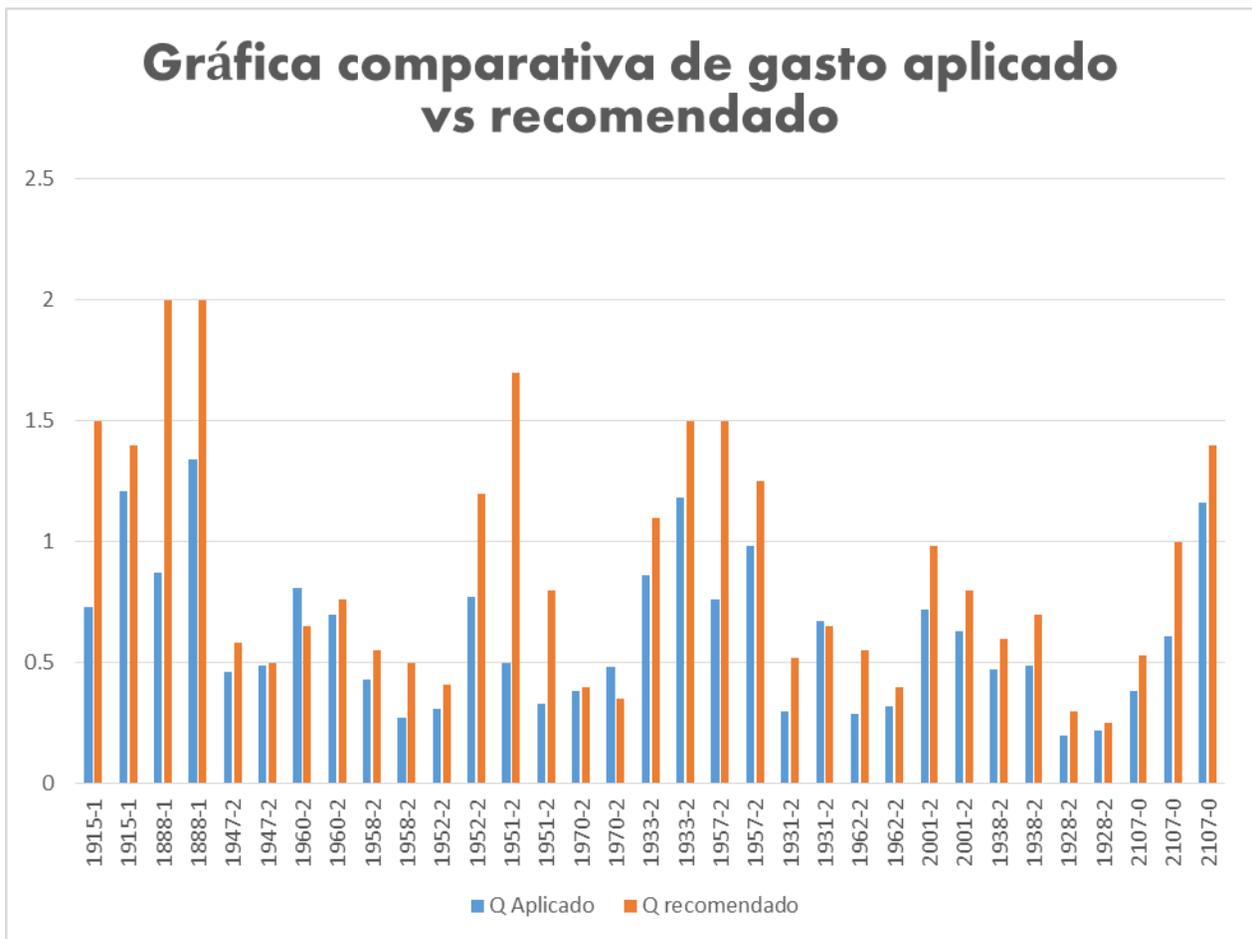


Figura 6.- Gráfico comparativo gasto aplicadoVs gasto recomendado

Las condiciones bajo las cuales se realiza una prueba de riego son muy distintas entre una y otra debido a factores como: el gasto, las condiciones del canal regador, la pendiente del terreno, el ancho de la melga o surco. Estos dependientes del tipo de

culivo, la hora de inicio y término (en muchos de los casos coinciden con horarios nocturnos), la disponibilidad del agua en cantidad suficiente y constante, el equipo de aforo, la cobertura vegetal del suelo, el tipo de cultivo y su etapa fenológica, la colaboración de los regadores para con los objetivos del programa, todo esto en conjunto define en general las condiciones bajo las cuales se obtiene la información generada de una prueba de riego.

En el siguiente gráfico podemos observar el comportamiento de la lámina de agua aplicada durante un riego normal y la recomendada; igualmente se muestra una segunda serie de datos de la misma parcela, donde se muestran los resultados obtenidos ya con la aplicación de la receta en una segunda prueba de riego, con la diferencia que las condiciones del cultivo en general no son las mismas y varias veces ni siquiera es el mismo cultivo; esta situación hace que el cálculo de la lámina de agua por aplicar se tenga que hacer en tiempo real tomando en cuenta factores como: humedad del suelo y edad del cultivo.

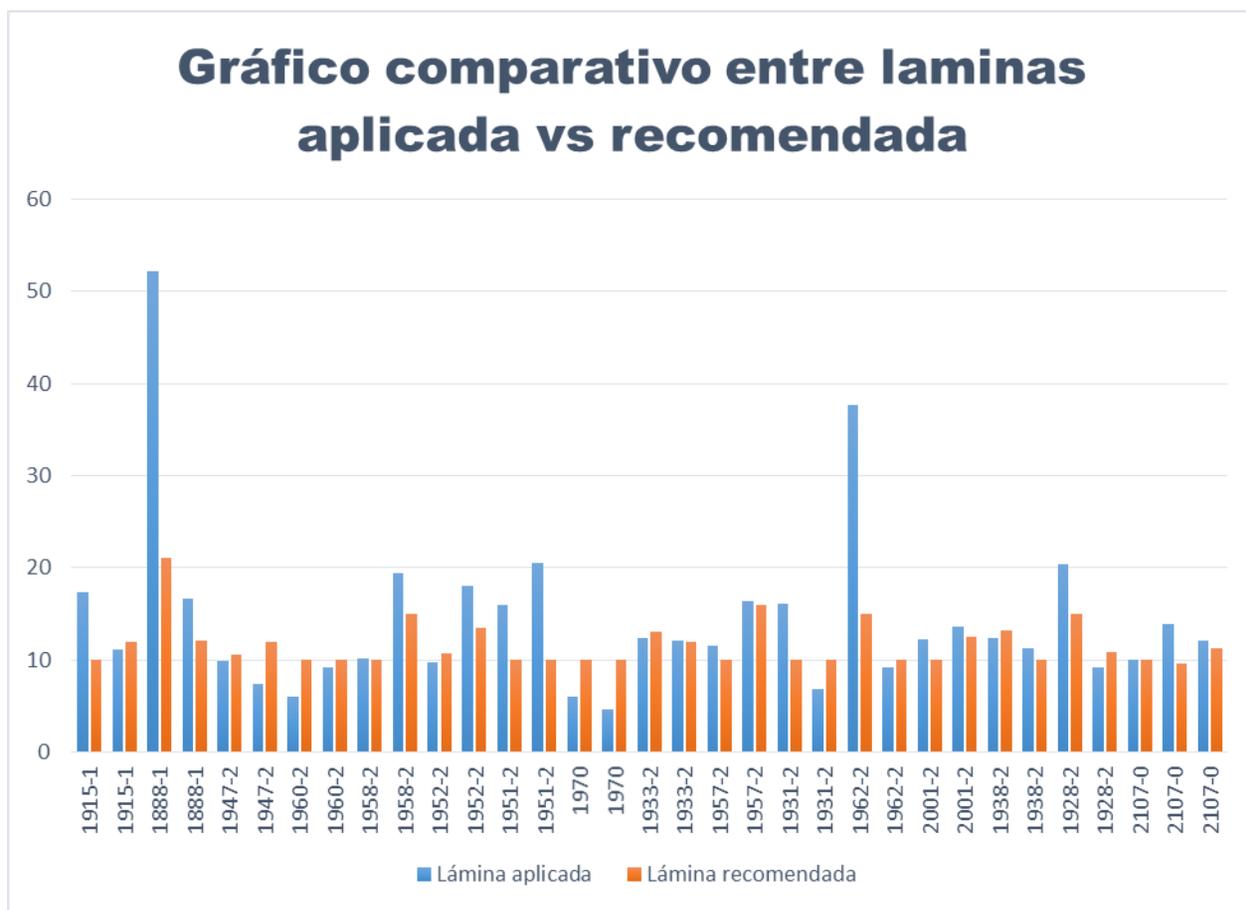


Figura 7.-Comparativo de láminas de riego con y sin receta.

La importancia de la adopción del paquete tecnológico generado con el RIGRAT radica principalmente en la disminución de las láminas de riego sin perjudicar los rendimientos en los cultivos; siendo uno de los objetivos del programa incrementar el rendimiento con la utilización óptima del recurso agua. Esto queda más que demostrado en la gráfica anterior en la cual se muestra las láminas de riego recomendadas para las mismas condiciones de humedad bajo las cuales se realizó la prueba de riego; pero sobre todo contrastándolo con los resultados obtenidos, en una segunda prueba de riego llamada de seguimiento en donde ya se trató de aplicar la recomendación del gasto óptimo que se debe introducir al surco o melga con la finalidad de lograr mayor uniformidad en el perfil de humedecimiento.

5.6. Medir la cantidad de agua entregada a las parcelas con aforadores o por medio de métodos volumétricos.

El aforo del gasto a nivel parcelario es una de las actividades que cotidianamente se realizan, ya sea para la ejecución de una prueba de riego, o bien para que el productor sepa la cantidad de agua que se le está entregando puntualmente en la bocatoma de la parcela.

Esta actividad se realiza utilizando el medidor de flujo “FLUXSENSE” el cual trabaja con tecnología de efecto doppler, esto a nivel de canal regante; otro de las herramientas utilizadas es el vertedor triangular de pared delgada, con el que, el cálculo se hace por medios matemáticos o volumétricos según los medios y habilidad del aforador, esta actividad se realiza comúnmente a nivel de boquilla haciendo la medición en al menos el 25% de las boquillas abiertas, distribuidos uniformemente a lo largo de la regadera, obteniendo un promedio del gasto, multiplicando por el total de boquillas abiertas con lo que se determina un resultado aproximado al valor real.

Otro de los métodos utilizados para la determinación del gasto en los canales de riego cuando las condiciones no son óptimas para la utilización de herramientas se prepara una sección o bien se busca una sección en la cual se pueda realizar el trabajo con el método de la sección velocidad para lo que se utiliza una cinta métrica, un corcho y un cronómetro bajo el siguiente procedimiento:

- Buscar una sección recta, sin obstáculos, libre de vegetación dentro del agua.
- Medir una sección longitudinal según lo permita el terreno.
- Determinar la sección transversal del área en la cual se va a trabajar.
- Colocar el corcho en el agua y medir el tiempo que tarda en recorrer la distancia marcada (repetir esta misma operación al menos 4 veces).
- Finalmente se calcula el gasto con la formula $Q=AV$



Figura 8.-Medición de gasto en canal utilizando el medidor de flujo fluxsense.

Para el cálculo del gasto utilizando métodos matemáticos se usó la fórmula $Q=1.441H^{5/2}$, la cual es óptima para vertedores de pared delgada con ángulo de 90° , por lo que al tener un valor de $H=0.1\text{m}$ el gasto que se tiene después del cálculo es

$$Q=1.441(0.1^{5/2})$$

$$Q=0.0044 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q=4.4 \text{ lps.}$$

En cambio cuando el cálculo es por medios volumétricos se hace utilizando alguno de los siguientes instrumentos: bolsa de plástico con capacidad entre 10 y 20 l, cubeta o balde con igual capacidad, cronómetro y una jarra graduada con capacidad de 1 l. En este caso se coloca el vertedor en la boquilla, posteriormente se coloca la bolsa o la cubeta lo que el aforador prefiera, para recoger el agua que se vierta en el mismo cronometrando el tiempo; por último se mide el volumen recolectado entre el tiempo cronometrado:

Asumiendo que se recolectaron 10.2 l en 2.45 seg. El gasto sería $Q=10.2/2.45=4.16 \text{ lps}$



Figura 9.-Medición de gasto utilizando vertedor triangular de pared delgada.

5.7. Capacitación a productores en uso eficiente del agua.

La capacitación ha sido un importante pilar en el desarrollo del programa ya que de esta forma se influye en la cultura de los productores para incentivar un cambio de paradigmas en el uso racional del agua, utilizando técnicas adecuadas e innovaciones tecnológicas en el diagnóstico y planeación del riego, eficientando con esto el uso del vital líquido según el desarrollo y estado fenológico de los cultivos.

En este tema se han seguido diversas estrategias con la finalidad de lograr la mayor penetración en los actores involucrados en la ejecución del programa, en este caso se han realizado sesiones grupales aprovechando las reuniones que se realizan para las asambleas ejidales, las reuniones convocadas para proporcionar información referente

a los avances del programa, y en muchas ocasiones en pláticas individuales a los productores y regadores en campo.

Cuando las capacitaciones se realizan bajo convocatoria dentro de un lugar cerrado se utilizan herramientas didácticas como el proyector junto con equipo de cómputo; en cambio cuando son al aire libre solo se da la plática; los temas abordados en las diferentes sesiones de capacitación son los siguientes:

La importancia de regar bien.

Como, cuando y cuanto regar.

Métodos de aforo y tipos de aforadores.

Variables climatológicas que impactan a los cultivos.

5.8. Levantar las cuadrículas topográficas en campo.

Para la realización de la cuadrícula es necesario contar con una serie de herramientas como: estación total o nivel topográfico, cinta métrica, banderolas y balizas o estadales; Una vez que se tiene el total de los instrumentos y/o herramientas necesarias para la ejecución del trabajo se procede a la realización del mismo con la metodología que a continuación se indica:

- Identificar el sentido del riego ya que este será el eje rector para el trazo de la cuadrícula.
- Determinar la distancia a la cual se colocaran los nodos de la cuadrícula preferentemente múltiplos de la anchura del predio.
- Colocar y nivelar el aparato topográfico en un vértice ó en un punto donde el trazo de los ejes abarque la mayor parte del terreno.
- Delimitar una franja libre a las orillas del predio de entre 5 m y 10 m, o bien si el predio es muy pequeño (1/2 ha), la franja libre es de 1-3 m,
- Trazar un par de ejes perpendiculares formando un ángulo de 90° tomando como eje rector el sentido del riego.
- Colocar las banderolas a distancias previamente establecidas según lo permita el largo y ancho del terreno, procurando que al menos se tengan cuatro líneas en la sección más angosta del predio.

- Al concluir esta fase del trabajo, se procede a realizar el levantamiento topográfico durante el cual cada uno de los estadaleros o baliceros, recorre las líneas colocándose en cada una de las intersecciones establecidas, por las líneas base trazadas como patrón para el levantamiento.
- Una vez concluido el trabajo de campo se procede a analizar la información en gabinete comparando el polígono obtenido, con el existente en los planos; si todo concuerda se procede a realizar los cálculos con el apoyo del software SINIVET Plus 5.



Figura 10.-Trazo de cuadrícula para proyecto de nivelación.

5.9. Elaboración del proyecto de nivelación de tierras.

Al término del levantamiento topográfico se procede a capturar los datos utilizando el programa SINIVET 5. Ó bien el Lev XXI Con el cual se calcula en base al método de mínimos cuadrados la cantidad de tierra que se moverá así como las áreas donde se debe cortar o rellenar.

Al momento de la captura de los datos también se debe alimentar al programa con datos como:

- Coeficiente de compactación.
- Corte máximo permisible.
- Cantidad de columnas y renglones.
- Ancho de la cuadrícula.
- Y lo más importante las coordenadas de los vértices que comprenden la poligonal del terreno; en cuyo caso se debe considerar el sentido del riego como el eje norte-sur, e introducir las coordenadas en el sentido inverso a las manecillas del reloj.

La información generada se entrega al productor y a las autoridades la cual sirve para concertar el método de pago y el tiempo en el cual se realizará el trabajo de nivelación.

5.10. Supervisar los trabajos de nivelación.

La supervisión en los trabajos de nivelación consiste principalmente apoyar al operador del equipo nivelador con las siguientes actividades de carácter técnico las cuales a continuación se enlistan:

- Ubicación e instalación del transmisor láser.
- Programar el transmisor con las pendientes (riego y drenaje) proyectadas.
- Ubicar en el terreno los puntos donde de acuerdo al levantamiento topográfico previo se encuentre las cotas con valor a cero.
- Realizar en conjunto con el operador un recorrido por el terreno para corroborar que los cortes y rellenos se encuentren donde los marca el plano.
- En conjunto con el operador ajustar la altura del mástil y determinar el piso de inicio.
- El operador da inicio con el trabajo haciendo círculos concéntricos.
- Si el trabajo no es finalizado en un solo día se debe tener la precaución de marcar los puntos donde se colocó el transmisor para que al día siguiente no se tengan problemas para encontrar el piso del trabajo que se está realizando.

- Una vez terminado el trabajo (terreno debidamente afinado), se verifica que las pendientes proyectadas sean las correctas.
- Por último se comunica al productor que el trabajo ha sido concluido para que esto, sea corroborado por él mismo en campo, de preferencia en presencia del supervisor técnico.



Figura 11.-Colocación y programación del transmisor laser previo a iniciar la nivelación.

6. CONCLUSIONES.

Durante el desarrollo de los diferentes trabajos en los que he tenido la oportunidad de desempeñarme profesionalmente, ha sido de gran importancia el contar con diferentes habilidades técnicas, pero sobre todo interpersonales pues es de suma importancia lograr convencer a los productores con razones simples, que es posible adoptar nuevos esquemas de producción, con los cuales se puede eficientar el uso de los recursos incrementando además la productividad y la producción en sus parcelas.

Cambiar la cultura de la gente del campo es sin lugar a dudas un gran reto al que nos enfrentamos los profesionistas que decidimos ser parte del sector agropecuario por esta razón es muy importante que las nuevas generaciones estén bien preparados no solo con la adquisición de conocimientos técnicos científicos, sino también en las relaciones sociales que les permitan interactuar con los diferentes actores del sector primario, a fin de acelerar la adopción de las nuevas tecnologías por parte del productor agrícola.

Es también de suma importancia contar con el apoyo más comprometido por parte de las diferentes instancias gubernamentales, de investigación y educativas para que las nuevas tecnologías y tendencias en el desarrollo y adopción de paquetes tecnológicos se instituyan con mayor rapidez en el sector productivo principalmente en el área del sector social (ejidos y comunidades agrarias).

El riego por gravedad es hoy en día una realidad que causa poco interés por parte de los usuarios del agua, sobre todo cuando esta proviene de fuentes de almacenamiento pluvial; lo que ocasiona que su cuidado y uso eficiente se encuentre en segundo plano, ya que generalmente el costo es mínimo en comparación con el precio que se paga por la que se extrae de los pozos profundos a través del bombeo. Razón por la cual se debe seguir trabajando en la generación de metodologías y paquetes tecnológicos que coadyuven a mejorar y optimizar el uso del preciado líquido.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1. Carlos Fuentes y Luis Rendón. 2012. Riego por gravedad. Universidad Autónoma de Querétaro**
- 2. COLEGIO DE POST GRADUADOS CHAPINGO MÉXICO. 1991. Manual de conservación del suelo y del agua. tercera edición.**